

Física & Música

uma abordagem multidisciplinar da ondulatória

POLYANNA DE AGUIAR ROMANINI BOMBARDE

Produto Educacional da Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes.

Maringá - PR
Junho, 2021

Caro Professor,

O trabalho aqui apresentado na forma de Produto Educacional (PE), é uma proposta de Sequência Didática (SD), que demonstra uma conexão entre a Física e a Música, incorporando recursos tecnológicos no estudo da Ondulatória, em específico das ondas sonoras, com enfoque no fenômeno da ressonância, por meio de atividade experimental por acesso remoto.

A elaboração dessa proposta ocorreu diante das diversas reflexões sobre como tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e contextualizado. Dessa forma, a fundamentação PE, ocorreu a partir dos estudos realizados na literatura em uma das maiores referências para o Ensino de Física e Ciências no país, o Professor Marco Antonio Moreira, que remete a Teoria Aprendizagem Significativa (TAS), que foi criada pelo psicólogo cognitivista americano David Ausubel, que prevê que novas abordagens podem estabelecer máximas transformações e interações entre os conhecimentos existentes.

A organização da SD, é composta de 13 aulas, com sugestão para o 1º, 2º e 3º no Ensino Médio, na componente curricular de Física. Nesse sentido, adotou a metodologia de Zabala (1998). Buscando instrumentalizar as práticas pedagógicas para que se aproximem das situações do cotidiano e dos interesses dos alunos e que paralelamente proporcionassem experiências com uso de ferramentas Tecnológicas de Informação (TI).

Assim, foi sugerido o desenvolvimento de modelagens computacionais para analisar as características dos sons em relação à frequência e intensidade de ondas sonoras no software Audacity.

Explorou-se também diversas atividades sobre conceitos de ondulatório, para que os alunos pudessem associar a vibração de uma onda em corda aos instrumentos musical de corda, tais como: (I) procedimento de afinação de um violão com auxílio de aplicativo, relacionando as notas musicais em corda com as suas respectivas frequências; (II) a reflexão de uma onda transversal em simulador PhET Colorado e (III) Acesso remoto ao experimento da corda vibrante, a fim de determinar a velocidade de propagação de uma onda estacionária em um fio tipo cordonê a partir da discussão dos dados obtidos experimentalmente.

Nos planejamentos metodológicos de aplicação constam os modelos de abordagens que estão disponíveis em formato impresso e para download por

QRCode e link. Esse material direciona as citações de vídeos experimentais desenvolvidos pela autora, bem como as referências dos aplicativos gratuitos e sites para acesso de softwares livres, como também das simulações e animações que sempre ajudam a motivar o aluno e colaboraram com o entendimento dos conceitos abordados.

Ressaltamos que a atividade experimental da corda vibrante via acesso remoto estava prevista no planejamento do presente Produto Educacional, independentemente do ensino emergencial decorrente da Pandemia do Covid19, ocorrido na época de aplicação.

Assim, sua implementação faz parte do contexto do LARI – Laboratório de Acesso Remoto Interdisciplinar implantando no UEM – Universidade Estadual de Maringá que tem como um dos objetivos possibilitar que alunos do ensino médio manipulem equipamentos em práticas experimentais por meio da internet. Porém, com as circunstâncias impostas pela Pandemia não podemos realizar no LARI, então realizamos algumas adaptações no aparato experimental. Dessa forma, descrevemos um apêndice específico do aparato experimental que poderá subsidiar sua reprodução conforme a realidade do seu ambiente escolar.

Para verificar se processo de ensino e aprendizagem foi capaz de ampliar e ou estabelecer uma reorganização entre os conceitos sobre ondulatória e suas aplicações, propomos modelos de avaliações diagnóstica, processual e final, com uso de instrumentos como: mapas conceituais e questionários. Esses modelos estão em formato impresso e acessível para download.

Por fim, espero que os interessados em conhecer e aplicar PE, tenham igualmente essa experiência. Posso relatar que de modo particular, foi uma vivência marcante e que com certeza será uma referência para a reflexão na busca do aprimoramento da mediação pedagógica no cotidiano da sala de aula. Considerando a viabilidade e o enriquecimento que a utilização dos recursos tecnológicos e computacionais em atividades experimentais em contextos interdisciplinares colaboram para qualidade do Ensino de Física.

Este material estará disponível para download na página do MNPEF/DFI/UEM (<http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/?q=node/60>) e pode ser adaptado de acordo com a realidade de cada série pelo docente interessado.

Maringá, junho de 2021.
Os Autores

Sumário

1. Produto Educacional	5
1.1 Objetivos Gerais.....	7
1.2 Objetivos Específicos	7
1.3 Justificativas	8
1.4 Contextualização no PCN's.....	8
1.5 Estrutura da Sequência Didática	9
1.5.1 Etapas da Sequência Didática	11
2. Planejamento Metodológico de Aplicação com Modelos de Abordagens	13
Considerações Finais.....	30
APÊNDICE A – Apresentação em vídeo do Produto Educacional	34
APÊNDICE B – Modelo para Atividade de Diagnóstico prévio em formato impresso.	35
APÊNDICE C – Modelo pesquisa sobre os recursos disponíveis em formato impresso.....	37
APÊNDICE D - Modelo para Atividade de Diagnóstico Final em formato impresso.....	38
APÊNDICE E – Modelos de Atividades em formato virtual.....	40
APÊNDICE F – Aparato Experimental da corda vibrante por acesso remoto	41
F.1 – Materiais utilizados.....	41
F.2 – Etapas de Montagem do Aparato Experimental.....	42
F.3 – Procedimento Experimental	45
F.4 – Resultado da Atividade Experimental	47
F.5 – Investimento no Aparato Experimental.....	49

1. Produto Educacional

Este Produto Educacional (PE) é uma proposta de uma abordagem multidisciplinar entre a Física e Música, por meio do estudo de ondas sonoras com enfoque no fenômeno da ressonância com a utilização de prática de atividade experimental por acesso remoto. Nesse sentido, a proposta é um planejamento que visa instrumentalizar práticas pedagógicas que se aproxime das situações do cotidiano e interesse dos estudantes, e conseqüentemente tem a intenção de viabilizar condições para que o processo de ensino aprendizagem ocorra de forma mais dinâmico e contextualizado e também tem o intuito de verificar a experiência e o acesso dos alunos em relação aos recursos tecnológicos. A organização da Sequência Didática SD é composta 13 (treze) aulas que foram fundamentadas na Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, que segundo Marco Antonio Moreira a Aprendizagem Significativa pressupõe que:

(a) o material a ser aprendido seja potencialmente significativo para o aprendiz, ou seja, relacionável a sua estrutura de conhecimento de forma não arbitrária e não literal (substantiva); (b) o aprendiz manifeste uma disposição de relacionar o novo material de maneira substantiva e não-arbitrária a sua estrutura cognitiva. (MOREIRA e MASINI, 2001, p.23)

A coleta de dados da pesquisa foi realizada em formato de atividades com o auxílio do aplicativo *Google Forms*.

A fim de estabelecer um diagnóstico prévio global das concepções que os alunos possuem sobre os fenômenos ondulatórios e suas relações com outras áreas do conhecimento, foi proposta uma atividade para diagnóstico que consiste na elaboração de um mapa conceitual com o tema gerador “Física & Música” e três questões discursivas sobre ondulatória, e quatro questões relativas ao uso das Tec.

Em seguida, estão propostas aulas expositivas conceituais sobre ondulatória com experimentos complementares de observação.

No decorrer da (SD) também considera-se um trabalho em grupo para explorar a aprendizagem colaborativa sobre instrumentos musicais de cordas que teve como estrutura de investigação: a origem, as componentes, classificação, o funcionamento, fenômenos físicos e a fabricação de instrumentos de cordas em que foram indicados a cada grupo um determinado instrumento de corda.

No planejamento da (SD), consta uma sugestão de abordagem conceitual sobre ondas estacionárias numa corda por meio de uma Modelagem para o violão

associando os conceitos de ressonância e a velocidade da onda na corda Eq. (1.6) (Equação de *Taylor*).

Previamente propõem-se realizar uma pesquisa com os alunos sobre o acesso dos recursos tecnológicos que possuem acesso à *internet* para verificar a viabilidade da aplicação e conseqüentemente a realização do experimento da corda vibrante por meio do acesso remoto.

Assim, propomos a atividade experimental da corda vibrante por meio do acesso remoto com o intuito de propiciar aos alunos uma investigação de forma que possibilite o aluno definir as configurações experimentais em um aparato real para obtenção de dados com a utilização dos recursos tecnológicos.

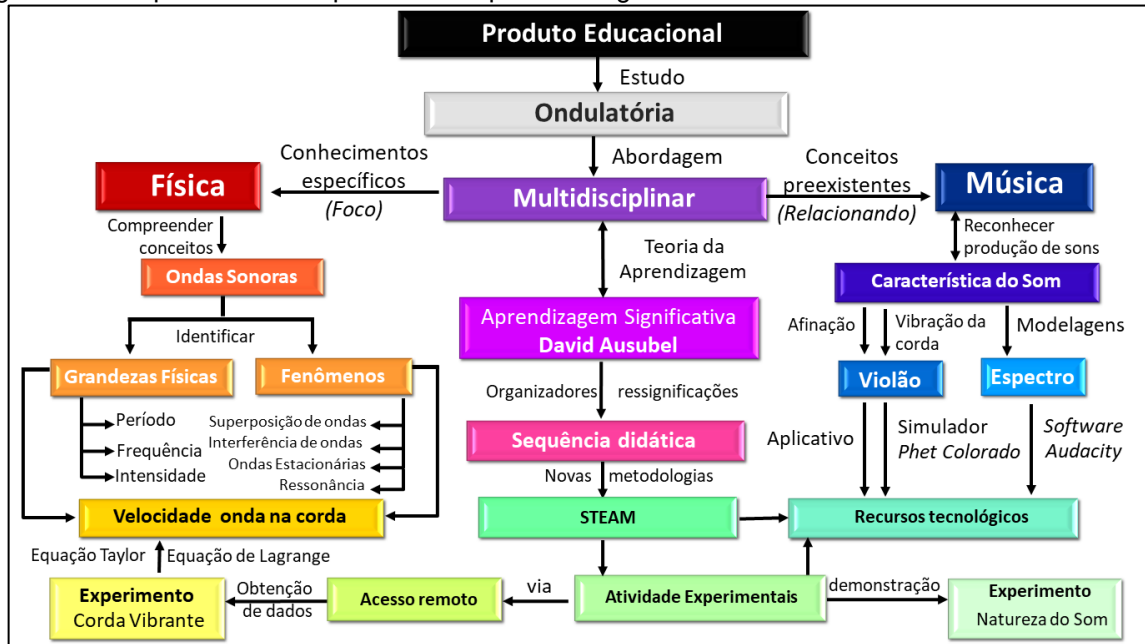
Para tanto utilizamos o aplicativo gratuito *Team Viewer* 14, para estabelecer o acesso a um dispositivo de mídia localizado no laboratório. Este possuía instalado o aplicativo gratuito *Frequency Sound Generator*, que permitirá aos alunos manusearem o gerador de frequência virtualmente com o objetivo de coletar dados para determinar a relação entre a frequência de ressonância x versus o número de ventres.

Depois que realizarem a obtenção dos dados sugere-se que os alunos desenvolvam individualmente a discussão dos resultados com ênfase matemática, por meio da representação gráfica da relação entre frequência de ressonância x versus o número de ventres, que pode ser confeccionada em papel milimetrado ou com *software* de edição gráfica. Os resultados visam o cálculo da velocidade de propagação da onda na corda.

Como cada aluno pode adotar uma configuração experimental específica em relação ao comprimento ($L_{\text{experimento}}$) e a força tensora aplicada torna-se possível realizar uma socialização oral entre os alunos para estabelecer uma comparação entre os dados obtidos pelos alunos sobre a velocidade de propagação da onda em corda em função do comprimento ($L_{\text{experimento}}$) e a força tensora.

Vale destacar que ao planejar (SD), recorreu-se a ferramenta de mapa conceitual, teoria apresentada na seção 1.1.1, conforme a Figura 2.1, que conseqüentemente balizou todo o trabalho proposto.

Figura 2.1 - Mapa Conceitual que aborda o panorama geral do Produto Educacional.



Fonte: a autora, 2021.

Na sequência, aplicar a atividade de diagnóstico final para avaliar os resultados sobre o presente produto, de modo a verificar se o processo de ensino e aprendizagem foi capaz de ampliar e ou estabelecer uma reorganização entre os conceitos sobre ondulatória e suas aplicações. E por fim, propomos uma atividade de desafio empregando a metodologia STEAM, em que os alunos deveriam elaborar um vídeo autoral em que demonstrasse a criatividade ao confeccionar um experimento sobre ondas sonoras.

1.1 Objetivos Gerais

- Desenvolver uma abordagem multidisciplinar entre a Física e Música, por meio do estudo de ondas sonoras com enfoque no fenômeno da ressonância com a utilização de prática de atividade experimental por acesso remoto.

1.2 Objetivos Específicos

- Instrumentalizar práticas pedagógicas que se aproximem das situações do cotidiano e interesse dos estudantes;
- Viabilizar condições para que o processo de ensino e aprendizagem da Física ocorra de forma mais dinâmica e contextualizado;
- Verificar a experiência e o acesso dos alunos em relação aos recursos tecnológicos.

1.3 Justificativas

Considerando a experiência no magistério da educação básica em escolas públicas e particulares dos estados de São Paulo e Paraná, foi possível evidenciar a importância da reflexão na atualização das ações das práticas pedagógicas no Ensino de Física. Diante desse cenário tão complexo é notório a necessidade em estabelecer estratégias metodológicas que possam estar contextualizada ao cotidiano e interesse dos alunos, considerando que além da minha docência em Física, possuo formação em Licenciatura em Matemática e especialização em Tecnologia e também Licenciatura em Artes Visuais. Sendo assim, a elaboração do Produto Educacional centrou-se numa proposta de sequência didática que estivesse principalmente alinhada ao ensino interdisciplinar entre as áreas da Física e Arte, com o uso de ferramentas didáticas tecnológicas (acesso remoto, simulador computacional e plataforma *google*) e matemática (equações, gráficos e interpretação)

Quando valorizamos os fatores da descoberta, da novidade e da diversidade, percebemos que o desenvolvimento da criatividade é importante tanto para as atividades artísticas quanto para as científicas.

Desse modo, possibilitar um processo de ensino e aprendizagem que motive e simultaneamente desafie os alunos a explorarem a criatividade é um dos fundamentos principais desse produto.

Nesse sentido, propõe-se atividades experimentais com implementação de recursos tecnológicos por meio de simuladores em ambientes virtuais e também via acesso remoto.

Assim, este produto fortalece o rompimento de uma metodologia automatizada, ou seja, somente mecânica e descontextualizada. buscando assim um ensino dinâmico, motivador e integrativo.

1.4 Contextualização no PCN's

Compreendemos que a interdisciplinaridade é a palavra chave para a educação básica e de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, 2000:

Será, portanto, na proposta pedagógica e na qualidade do protagonismo

docente que a interdisciplinaridade e contextualização ganharão significado prático pois, por homologia, deve-se dizer que o conhecimento desses dois conceitos é necessário, mas não suficiente. Eles só ganharão sentido pleno se forem aplicados para reorganizar a experiência espontaneamente acumulada por professores e outros profissionais da educação que trabalham na escola, de modo que os leve a rever sua prática sobre o que e como ensinar seus alunos. (PCNEM, 2000, p.92)

Diante do exposto, o presente trabalho está pautado nas recomendações oficiais para o desenvolvimento de abordagens direcionadas ao Ensino Médio para elaborar esta SD como Produto Educacional de Ensino de Física em parceria com a Música.

As atividades presentes na SD estão ordenadas de maneira a aprofundar o tema que está sendo estudado como demonstraremos na “ficha – técnica” , Quadro 2.1 nos planos de aula apresentados na subsecção 2.6.2..

1.5 Estrutura da Sequência Didática

As atividades presentes na SD são ordenadas de maneira a aprofundar o tema que está sendo estudado como demonstraremos na “ficha – técnica” e também nos planos de aula.

A seguir, apresentamos no Quadro 1.1, os aspectos gerais presentes nos planos de aula.

Quadro 1.1 – Ficha Técnica da Sequência didática

TÍTULO	<i>FÍSICA E MÚSICA: UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR DA ONDULATÓRIA</i>	
TIPO	Investigação Científica e Aprendizagem Significativa	
PÚBLICO ALVO	Alunos do 1º Ano do Ensino Médio	
Duração	13 aulas (50 minutos cada)	
Conteúdos		
CONCEITUAL	Procedimental	Atitudinal
Ondulatória: - pulso e onda - classificação das ondas - ondas sonoras - fenômeno da ressonância	- Leitura; - Observação; - Interpretação; - Cálculo; - Oralidade; - Representação de modelos explicativos; - Experimentação;	- Participação; - Responsabilidade; - Determinação - Coletividade

Habilidades	BNCC Base Nacional Comum (EM13CNT301), Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.	
	Sistema de Ensino Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.	
Metodologias	Mapas Conceituais Sala de Aula Invertida ; STEAM; Atividades em Simuladores e Software; Atividade Experimental demonstrativa; Atividade Experimental por acesso remoto para obtenção de dados e análises.	
Avaliação	FORMAS	INSTRUMENTOS
	Diagnóstica	Mapas Conceituais e Questionários (Inicial e Pós aplicação)
	Processual	- Discussões em aula; - Tarefa; - Trabalhos em grupo; (Atividade: Na corda bamba) - Atividade experimental (Via acesso remoto) - Trabalho individual; (Vídeo e relatório do experimento)
	Somativa	(Descritiva e Múltipla escolha)

1.5.1 Etapas da Sequência Didática

A proposta da sequência didática utilizada por esse Produto Educacional é constituída de 13 (treze) aulas, como demonstra a organização do Quadro 1.2. O Produto Educacional é composto de planejamento das seções, material de apoio em formato de apresentação em slide para cada aula com observações, sugestões de modelagem em simuladores e *softwares* livres, modelos de avaliação e orientações para experimento demonstrativo e também para o experimento via acesso remoto com detalhamento do tratamento matemático.

Quadro 1.1 - Sequência das aulas na aplicação do Produto Educacional.

AULA	Título da Aula	Conteúdo	Atividades Propostas
01	“Ouvir sempre é um bom começo!” (Sondagem inicial)	- Mapas conceituais. - Introdução ao estudo da Ondulatória.	Elaboração de Mapas Conceituais e Questionário de conhecimentos prévios
02	Ondas Sonoras & Percepção Auditiva	- Conceito de pulso e onda. - Ondas sonoras harmônicas.	Teste audiométrico. Dinâmica com peça musical. Atividade para casa com construção de mapa conceitual.
03	Experimentando o Som (Classificação das ondas)	- Classificação das ondas: natureza, direção de propagação e dimensão.	Experimento sobre a natureza do Som. Simulação Computacional de oscilações da onda em corda com extremidade livre e extremidade fixa.
04	Elementos de uma onda e velocidade de propagação	- Elementos de uma onda: amplitude, comprimento, período e frequência; - Velocidade de propagação de uma onda periódica;	Resolução de Exercícios com diagramas apresentados em situações-problemas.
05	Características dos Sons Parte 1 - Audibilidade do som	- Espectro Sonoro - Frequência do som e a relação com as notas musicais; - Velocidade de propagação da onda em uma corda (Equação de Taylor)	Espectro sonoro audível e visual com modelagem realizada no <i>software Audacity</i> para movimentos periódicos. Afinação de Violão e Violino 3.7.2, <i>Copyright A4tune Labs</i> Relação com notas musicais, frequência, espessura e tração.

06	Parte 2 - Intensidade Sonora	- Intensidade sonora e nível sonoro;	<i>Software Audacity</i> Efeito de amplificação em música relacionando o volume a amplitude e intensidade do som. Preenchimento de Mapa Conceitual.
07	Na corda bamba	- Ondas Sonoras	Apresentação de trabalho em grupo Instrumentos Musicais de cordas.
08	Tirando onda na avaliação	- Conceitos Fundamentais sobre Onda Sonora.	Avaliação com questões discursivas e objetivas dos conteúdos abordados nas seções anteriores.
09	O vai e vem de uma onda parada	- Onda Estacionária, - Princípio da superposição e Interferência	Abordagens de conteúdos por meio de um exercício de aplicação.
10 e 11	Navegando remotamente na onda de uma corda	- Fenômeno Ressonância	Atividade experimental da corda vibrante via acesso remoto
12	Traçando a onda	- Determinação da velocidade do som para duas cordas de materiais e espessuras diferentes; - Explorar o conceito de densidade e como ela influencia a velocidade do som.	Construção Gráfica com dados obtidos experimentalmente e Discussão dos resultados
13	Exercitando a criatividade com a interdisciplinaridade entre a Física e a Música	Mapas Conceituais Ondas Sonoras em um contexto interdisciplinar.	Construção de Mapas Conceituais; Questionário Final de conhecimentos; Proposta de vídeo autoria dos alunos sobre ondas sonoras dos conceitos apropriados por meio da Abordagem STEAM.

Fonte: a autora, 2021.

A partir das aulas das disciplinas de Estágio Supervisionado e de Atividades Computacionais para o Ensino Médio e Fundamental e também em várias pesquisas realizadas na literatura, bem como os livros que são referências do programa de pós-graduação MNPEF, surgiram várias ideias visando as adaptações ao ensino remoto em função do Isolamento Social devido à pandemia do Covid19.

Ressaltando que o experimento de acesso remoto havia sido previsto no planejamento do presente Produto Educacional independentemente do ensino emergencial remoto. O desenvolvimento do experimento da corda vibrante remoto está no contexto do LARI – Laboratório de Acesso Remoto Interdisciplinar/UEM – Universidade Estadual de Maringá que tem como um dos objetivos possibilitar que alunos do ensino médio manipulem equipamentos em práticas experimentais por meio da *internet* utilizando o próprio celular ou *tablet*.


2. Planejamento Metodológico de Aplicação com Modelos de Abordagens


Essa seção é dedicada ao planejamento reflexivo que norteia toda a ação educativa do produto educacional. No Quadro 2.1 estão presentes ordenadamente os treze planos de aulas da sequência didática. Em cada unidade de plano de aula constam, o direcionamento de modelos de atividades em formato impresso e virtual, bem como o material de apoio em formato de slide, disponíveis para download por *link* ou *QRcode*.

Quadro 2.2 - Ficha Técnica da sequência didática.

Aula 01	Tema da aula
“Ouvir sempre é um bom começo!” (Levantamento)	
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> - Despertar o comprometimento do aluno para a construção de sua aprendizagem. - Compreender a elaboração de um mapa conceitual - Verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a relação entre a Física e Música por meio de levantamento de conhecimentos prévios com a elaboração de mapa conceitual. - Identificar quais os conceitos sobre ondulatória os alunos possuem em relação ao seu cotidiano e a outras áreas do conhecimento por meio de questionário. - Analisar a disponibilidade de recursos para aulas futuras por meio de consulta. 	

Conteúdo
- Mapas conceituais; - Introdução ao estudo da Ondulatória;
Recursos utilizados
- Computador com conexão à <i>internet</i> ou celulares; - Aplicativos: <i>Google Meet, Google Classroom e Google Forms</i> ;
Descrição do desenvolvimento da aula
<p>Inicialmente, pretende-se realizar uma explanação oral sobre a proposta do trabalho a ser desenvolvida esclarecendo que as atividades a serem aplicadas visarão uma abordagem multidisciplinar entre Física e Música.</p> <p>Ao detalhar os objetivos específicos do PE, deve haver certa cautela de modo a evitar possíveis influências que acarretaria posteriormente dificuldades na realização das análises dos conhecimentos prévios dos alunos.</p> <p>Ocorrerá uma explicação sobre o conceito de mapa conceitual e também a exemplificação utilizando o tema redes sociais.</p> <p>Em seguida, a proposta será que os alunos realizem individualmente a Atividade de Diagnóstico Prévio, devem elaborar um mapa conceitual e resolução de 3 (três) questões sobre a relação da ondulatória com seu cotidiano e outras áreas do conhecimento.</p> <p>Será disponibilizado no gerenciador de atividades da turma o aplicativo <i>Google Classroom</i>, por meio de um formulário de atividade orientada desenvolvido com o aplicativo <i>Google Forms</i>, apresentado modelo disponível em https://forms.gle/DIAGNÓSTICO_PREVIO, com o tempo de resolução programado de 30 min durante a vídeo chamada. Ou se presencial entregar o questionário impresso, e o tempo de realização se mantém.</p> <p>Visando a organização do material dos alunos será de responsabilidade do docente por meio dos serviços da escola disponibilizar o arquivo, como visto no Apêndice A, que constam as questões do formulário do diagnóstico prévio onde eles poderão fazer a atividade e digitalizar como <i>upload</i> no formulário.</p> <p>Da mesma forma os alunos responderão ao questionário sobre a disponibilidade de alguns recursos que poderão ser utilizados no decorrer da aplicação do (PE), disponível em https://forms.gle/PESQUISA_RECursos que também poderá ser desenvolvido conforme o Apêndice B em que o tempo ficou em aberto durante alguns dias para resolução.</p>

Avaliação	
Análise dos mapas conceituais elaborados pelos alunos e do questionário de conhecimentos prévios.	
Modelos de Abordagens	
https://ABORDAGEM_AULA - 01.google.com	
	
Aula 02	Tema da aula Ondas Sonoras & Percepção Auditiva
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> - Introduzir o estudo da ondulatória com conceitos de pulso e onda. - Compreender fisicamente a capacidade auditiva humana. - Reconhecer o intervalo audível por meio de teste audiômetro. - Valorizar o desenvolvimento da percepção do sentido auditivo atuando em conjunto com o sentido visual. - Estimular um ensino interdisciplinar, por meio da demonstração da importância da afinação de instrumentos musicais em uma orquestra. - Introduzir o conceito da afinação a uma seleção de frequências que determinam a disposição de notas musicais de um determinado instrumento musical. 	
Conteúdo	
<ul style="list-style-type: none"> - Introdução ao estudo da Ondulatória: conceito de pulso e onda. - Ondas sonoras harmônicas. 	
Recursos utilizados	
<p>Computador com conexão à internet ou celulares, Aplicativos: <i>Google Meet</i>, <i>Google Classroom</i>, arquivos digitais: slide Aula 02: Ondas Sonoras & Percepção Auditiva, vídeo do teste audiômetro e Vídeo da peça musical <i>The Carnival Of Animal</i> ambos disponibilizados no <i>youtube</i>.</p>	

Descrição do desenvolvimento da aula	
<p>Aula expositiva e dialogada sobre conceitos fundamentais de ondulatória como pulso de onda e onda sonora harmônica. Em seguida, é proposto desenvolver uma discussão sobre a percepção auditiva humana, em sequência um modelo explicativo sobre a representação da subdivisão do ouvido, a fim de compreender fisicamente a capacidade auditiva humana.</p> <p>Na sequência aplicar um teste audiômetro com reprodução audível, visual e numérica de frequência sonora para relacionar o intervalo audível.</p> <p>A ideia é também, destacar a importância da afinação dos instrumentos perante a dinâmica de audição e questionamentos sobre a peça musical com <i>Saint-Saëns The Carnival Of Animal</i>. Por fim, o encaminhamento da atividade de elaboração de um mapa conceitual com tema gerador “ondas sonoras”.</p>	
Avaliação	
<p>A Avaliação de conteúdos atitudinais será por meio da observação contínua nos debates e questionamentos levantados no decorrer da aula.</p> <p>A Avaliação de conteúdos procedimentais será por meio de atividade aberta de elaboração individual de mapa conceitual sobre o tema gerador “onda sonora”.</p>	
Modelos de Abordagens	
<p>https://ABORDAGEM_AULA - 02.google.com</p>	
	
Aula	Tema da aula
03	“Experimentando o Som” (Classificação das ondas)
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> - Distinguir os tipos de ondas para classificá-las em relação a sua natureza, formas de propagação e dimensão; - Analisar o comportamento da onda sonora por meio de uma atividade experimental qualitativa evidenciando sua natureza mecânica; - Reconhecer as formas de propagação longitudinal e transversal das ondas de forma experimental utilizando simuladores para visualizar a reflexão de onda com e sem inversão de fase; 	

Rever e elaborar conceitos apresentados em representações em forma de mapa conceitual.
Conteúdo
- Classificação das ondas: natureza, meio de propagação e direção e dimensão.
Recursos utilizados
<p>Computador com conexão à <i>internet</i> ou celulares, Aplicativos: <i>Google Meet</i>, <i>Google Classroom</i>, Arquivos digitais <i>slide</i> da aula e arquivo de vídeo da atividade experimental.</p> <p>Atividade experimental 1 - Para a elaboração do vídeo ou se presencial em sala de aula, de um despertador retro com sino, caixa de som <i>bluetooth</i> portátil pequena, vela, um recipiente de vidro tipo conserva grande com tampa de metal, um balão surpresa de festa, uma conexão de 3/8" (ou 9,5mm) de bico de gás, 2m de mangueira 3/8", duas abraçadeiras e bomba de vácuo.</p> <p>Atividade experimental 2 - (Sugestão para casa): um brinquedo mola (<i>slinky</i>) ou espiral de encadernação e mesa; Atividade experimental 3 (Sugestão para casa): um brinquedo mola maluca ou uma corda, essa atividade será adaptada com Simulador do <i>Physics Education and Technology - PhET Colorado</i> em duas configurações.</p>
Descrição do desenvolvimento da aula
<p>A aula de forma expositiva e dialogada com apresentações de <i>slides</i> e no decorrer das classificações pretende-se utilizar algumas atividades experimentais: Experimento 1 - Demonstração sobre a natureza do som, por meio de reprodução do vídeo da atividade experimental realizada pela professora, disponível em https://www.youtube.com/Experimento_sobre_a_Classificacao_da_Natureza_do_som. O endereço também pode ser disponibilizado no <i>Classroom</i> para que os alunos possam rever. Para observar o efeito do vácuo, inicia-se com uma vela acesa verificando a quantidade na escala do relógio da bomba de vácuo. Posteriormente, será utilizando o som de um despertador que estará em um ambiente que se aproxime do estado de vácuo. Assim, colocaremos em um recipiente de vidro um relógio despertador estilo retrô com alarme ligado. Após, colocar o relógio dentro desse recipiente procuraremos fazer a vedação com a tampa de metal colocando antes uma borracha tipo balão</p>

de festa grande. Na tampa de metal estará acoplada uma conexão 3/8" (ou 9,5mm) de bico de gás para fixar com abraçadeiras uma extremidade da mangueira 3/8" (ou 9,5mm) que estará conectada a uma bomba de vácuo. Dessa forma, podemos analisar e classificar o som com uma onda mecânica, pois necessita de um meio material para se propagar. Utilizou-se também mais uma caixa de som *bluetooth* que contém *leds* (fonte luminosa) e emite som (fonte sonora) como caixa de som *bluetooth* portátil pequena, para comparativo entre ondas sonoras e luminosa em ambiente similar a vácuo.

Para o estudo de ondas transversais utiliza-se a reprodução da simulação realizada no site do *PhET Colorado*, com duas configurações: a primeira oscilação vertical em corda com extremidade fixa e a segunda oscilação vertical em corda com extremidade livre. Ocorrerá também a reprodução simultânea das duas configurações. Ao final os alunos serão questionados sobre a diferença da reflexão de um pulso entre as configurações de extremidade fixa e livre. Haverá a orientação para que os alunos possam realizar a manipulação do simulador com a indicação do *link* <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-on-a-string>>.

Ao final da aula será solicitado que cada aluno desenvolva como tarefa um mapa conceitual enfatizando a classificação das ondas

Avaliação

Avaliação de conteúdos atitudinais será a observação contínua nos debates e questionamentos levantados no decorrer da aula.

Avaliação de conteúdos procedimentais por meio de atividade aberta de elaboração individual de mapa conceitual sobre o tema gerador classificação das ondas.


Ocorrerá avaliação também em forma de questionário utilizando a ferramenta *Google Forms* paralelamente ao próximo conteúdo sobre elementos de uma onda.

Modelos de Abordagens

https://ABORDAGEM_AULA-03.google.com



Aula 04	Tema da aula Elementos de uma onda e sua velocidade de propagação
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> - Revisar as classificações das ondas em relação à sua natureza, sentido de propagação e dimensão por meio da elaboração de um mapa conceitual. - Identificar as propriedades e grandezas de uma onda. - Reconhecer a equação fundamental da ondulatória relacionando frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação. - Conhecer as unidades e as relações entre as unidades de uma mesma grandeza física para fazer interpretação entre elas e utilizá-las adequadamente. 	
Conteúdo	
<ul style="list-style-type: none"> - Classificação das ondas: natureza, meio de propagação e direção; - Elementos de uma onda: amplitude, comprimento, período e frequência; - Velocidade de propagação em uma onda periódica; 	
Recursos utilizados	
<p>Computador com conexão à <i>internet</i> ou celulares, Aplicativos: <i>Google Meet</i>, <i>Google Classroom</i> e <i>Google Forms</i> e arquivo digital <i>slide</i> da aula.</p>	
Descrição do desenvolvimento da aula	
<p>Inicialmente, pretende-se retomar o assunto da aula anterior por meio da elaboração de um mapa conceitual sobre classificação das ondas. Em seguida, apresentar os elementos de uma onda (amplitude, comprimento, período e frequência) explorando a análise gráfica por meio de uma abordagem dialogada e expositiva com slides. Será proposta também a resolução de exercícios com interpretações de situações problemas envolvendo textos e diagramas a fim de realizar operações de cálculo entre as grandezas e suas unidades de medidas associadas da velocidade de propagação de uma onda periódica.</p> <p>Além disso, solicitar aos alunos que respondam a um questionário com os conteúdos referentes às aulas 03 e 04, por meio da <i>ferramenta Google Forms</i>, onde estará disponível na interface do <i>Google Classroom</i> e também ficará disponível para consulta os <i>slides</i> utilizados na vídeo chamada.</p>	

Avaliação	
Aplicar um questionário <i>on-line</i> por meio da ferramenta <i>Google Forms</i> onde estará também está disponível para consulta o arquivo digital das aulas conceituais desenvolvidas em sala de aula. Se presencial, entregar aos alunos de forma impressa.	
Modelos de Abordagens	
https://ABORDAGEM_AULA - 04.google.com	
	
Aulas	Tema da aula
05 e 06	Características dos Sons Audibilidade do som e Intensidade Sonora
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> - Associar as características dos sons com as grandezas físicas; - Relacionar a frequência dos sons das cordas do violão quanto a espessura e tração. - Compreender a quantificação da intensidade da sensação sonora aplicada a análise do espectro sonoro musical com alteração na amplitude e conseqüentemente ao volume; - Discutir os efeitos dos sons na audição humana e poluição sonora; 	
Conteúdo	
<p>Espectro Sonoro</p> <ul style="list-style-type: none"> - Frequência do som e a relação com as notas musicais; - Velocidade de propagação da onda em corda (Equação de Taylor) - Intensidade sonora e nível sonoro; 	
Recursos utilizados	
<ul style="list-style-type: none"> - Computador ou celulares com conexão à internet; - Aplicativos: <i>Google Meet</i>, <i>Google Classroom</i>, afinador de Violão e Violino 3.7.2, <i>Copyright A4tune Labs</i>; - <i>Software 2.4.2 Audacity</i>; 	

- Instrumento musical violão e arquivos eletrônicos em *slides* das aulas conceituais.

Descrição do desenvolvimento da aula

O estudo das características do som será dividida em duas partes

Na parte 1 - AULA 05: inicialmente, ocorrerá a retomada da aula anterior sobre os conceitos de comprimento, frequência, período e velocidade de propagação de onda, por meio de análise de espectro sonoro audível e visual com modelagem realizada no *software Audacity*, a fim de estabelecer a diferenciação entre ruído e o badalar do sino de uma igreja similar ao pêndulo (Movimento Harmônico Simples), e também em uma simulação de um Eletrocardiograma com visualização de perfil de onda senoidal e quadrada com variações de frequência. Em seguida, adotaremos uma atividade de percepção sonora com a função tom programável no *software Audacity* variando a frequência de 20 a 3000 Hz para caracterizar a reprodução sonora com as grandezas como frequência e comprimento de onda sonora em sequência oportunizaremos a interpretação do sonoro humano em comparativo a diversas escala de sons audíveis e produção sonora com ilustrações.

As notas musicais serão abordadas de forma sucinta estabelecendo a relação com a frequência.

Para aprofundamento será proposto também uma atividade de interação com os alunos que deverão realizar a afinação remotamente de um instrumento de corda (violão), onde relacionaremos a frequência das respectivas notas das cordas em função de suas densidades, destacando também que o processo de afinação depende da regulagem da tensão sobre cada corda por meio das tarraxas do violão.

Para verificar essas relações pretende-se utilizar o aplicativo Afinador de Violão e Violino 3.7.2, *Copyright A4tune Labs* que deverá estar configurado na escala temperada enfatizando também que o processo natural de afinação por meio da percepção auditiva ocorre quando adotamos o fenômeno do batimento com referência da nota Lá que serve de “norte” para afinação de todos os instrumentos.

Também será proposto uma atividade de pesquisa sobre como o homem marcava o tempo quando não havia relógio e também como seria possível

determinar sua frequência cardíaca em Hz com descrição da explicação do procedimento adotado e por fim a elaboração de um mapa conceitual sobre a aula de característica do som parte 1.

Na parte 2 – pretende-se revisar a relação com notas musicais, frequência, espessura e tração sobre o instrumento de corda violão, associando a equação da velocidade de propagação da onda na corda por meio da equação (1.6) a equação de *Taylor*.


Na sequência realizar uma breve audição da música *Brisa* interpretada por *Iza*, 2019, Warner Music Brasil, cuja letra remete a onda sonora. Em seguida, será aplicado o efeito de alteração de tom na canção utilizando o *Software Audacity* para grave e agudo com observações nas relações das respectivas cifras musicais com indicação das frequências compatíveis. Também desenvolver outra atividade no *Audacity* para associar à relação de volume a amplitude e intensidade da onda sonora com o efeito de amplificação na música *Viva La Vida*, interpretada pela banda britânica, *Coldplay*, *Álbum: A Head Full of Dreams*, 2015, Parlophone; Atlantic.


Após as simulações sobre intensidade sonora propõem-se o tratamento matemático para o seu cálculo de nível de intensidade sonora realizando a retomando sobre logaritmos ao definir o limiar de audibilidade e limiar de audibilidade dolorosa. De modo paralelo será contextualizado por meio de tabela algumas referências de intensidade sonora com a poluição sonora. Por fim, exemplificar o cálculo de nível de intensidade sonora e potência de fonte sonora em situações problemas. Nessa segunda parte também será solicitado que os alunos realizem na interface do *Google Classroom* um questionário online por meio da ferramenta *Google Forms*, composto por uma questão sobre o nível de intensidade sonora e o preenchimento de um mapa conceitual sobre as características dos sons.

Avaliação

Realizar um questionário *on-line* por meio da ferramenta *Google Forms* onde estará também disponível para consulta o arquivo digital das aulas conceituais desenvolvidas em sala de aula.

Modelos de Abordagens	
Disponível em https://ABORDAGEM_AULA_05.google.com	
Disponível em https://ABORDAGEM_AULA_06.google.com	
Aula	Tema da aula
07	“Na corda Bamba”
Objetivos	
Compreender a física como parte integrante da cultura contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores, como nas manifestações artísticas.	
Conteúdo	
Ondas Sonoras	
Recursos utilizados	
Computador com conexão à <i>internet</i> ou celulares, aplicativos: <i>Google Meet</i> , <i>Google Classroom</i> , e arquivos eletrônicos em <i>slides</i> da aula conceitual.	
Descrição do desenvolvimento da aula	
Retomada do conteúdo anterior por meio de correções das atividades de tarefa. Proposta de trabalho em grupo composto de pesquisa, relatório impresso e apresentação em formato de vídeo sobre um instrumento de corda musical, conforme orientação.	
Avaliação	
Critérios para a produção do vídeo (Apropriação do assunto, Organização, Coletividade e Recursos Utilizados), e para o trabalho impresso (Capa, Síntese da Pesquisa).	
Modelos de Abordagens	
https://ABORDAGEM_AULA_07.google.com	

Aula 08	Tema da aula	
“Tirando onda na avaliação”		
Objetivos		
<ul style="list-style-type: none"> - Relacionar os conceitos de pulso e onda; - Caracterizar ondas em termos de forma e natureza; - Reconhecer as propriedades e grandezas de uma onda; - Entender e relacionar as características dos sons com as grandezas físicas; - Caracterizar sons e notas musicais; - Compreender a quantificação da intensidade da sensação sonora. 		
Conteúdo		
<ul style="list-style-type: none"> <li style="width: 50%;">- Pulso e onda; <li style="width: 50%;">- Características das ondas <li style="width: 50%;">- Representação de ondas <li style="width: 50%;">- Ondas sonoras 		
Adaptações Metodológicas		
<p>Avaliação impressa com fonte de letra ampliada.</p> <p>https:// AVALIAÇÃO_FONTE_AMPLIADA</p>		
Avaliação		
<p>Poderá ser realizada um questionário on-line por meio da ferramenta <i>google forms</i> onde estará também disponível para consulta o arquivo digital das aulas conceituais anteriormente desenvolvidas.</p>		
Modelos de Abordagens		
<p>https://MODELO DE AVALIAÇÃO em FORMS em PDF: https://MODELO DE AVALIACAO em PDF</p>		
Aula 09	Tema da aula	
O vai e vem de uma onda parada?		
Objetivos		
<p>Reconhecer e interpretar como o fenômeno da ressonância é encontrado em situações do cotidiano;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Compreender a produção de sons por meio de cordas vibrantes; - Justificar a formação de ondas estacionárias em uma corda vibrante; - Associar as ondas estacionárias e o fenômeno da ressonância com 		

instrumentos de corda.	
- Conhecer o significado físico da grandeza timbre.	
Conteúdo	
- Onda Estacionária; - Princípios da superposição e de Interferência; - Fenômeno Ressonância;	
Recursos utilizados	
Computador com conexão à <i>internet</i> ou celulares, aplicativos: <i>Google Meet</i> , <i>Google Classroom</i> , e arquivos eletrônicos em <i>slides</i> da aula conceitual.	
Descrição do desenvolvimento da aula	
<p>Para organizar a atividade experimental da próxima aula apresentaremos o experimento de corda vibrante com o acesso remoto por meio do aplicativo gratuito <i>TeamViewer 14</i>.</p> <p>Desenvolver a aula conceitual sobre ondas estacionárias, com aplicabilidade para uma modelagem no violão acústico. Abordar os fenômenos da ressonância e dos princípios de superposição e interferência.</p> <p>Relacionar a onda resultante proveniente da superposição e interferências, às características do timbre de um instrumento de corda.</p>	
Avaliação	
Aplicar um questionário on-line por meio da ferramenta <i>google forms</i> , com um exercício contextualizando o experimento, estará também disponível para consulta o arquivo digital das aulas conceituais anteriormente desenvolvidas.	
Modelos de Abordagens	
https://ABORDAGEM_AULA_09.google.com	
	
Aula	Tema da aula
10 e 11	Navegando remotamente na onda de uma corda
Objetivos	
- Gerar ondas estacionárias em uma corda (fio cordonê) em atividade experimental remotamente associando a reprodução sonora de um instrumento	

<p>de corda;</p> <p>- Obter valores das frequências de ressonância versus número de ventres para a discussão dos resultados;</p>
<p>Conteúdo</p>
<p>- Ressonância e onda estacionária</p>
<p>Recursos utilizados</p>
<p>Computador com conexão à <i>internet</i> ou celulares ou <i>tablet</i>;</p> <p>Aplicativos: <i>Google meet</i>, <i>Google Classroom</i>, <i>Frequency Sound Generator Fine Chromatic Tuner Current Version 2.50</i>;</p> <p>Arquivos eletrônicos em <i>slides</i> da aula conceitual;</p> <p><i>Software</i> gratuito para acesso remoto <i>Team Viewer</i>;</p> <p>1 Fio de 1,4m (linha de bordado de ponto cruz na cor amarela);</p> <p>1 Fio de Lã de 1,4m;</p> <p>3 massas (chumbada de pesca) de 15g, 30g, e 90g;</p> <p>Suporte lateral em L;</p> <p>Trena;</p> <p>Balança de precisão;</p> <p>Alto-falante;</p> <p>Amplificador de som de 120W RMS (2 Ohms);</p> <p>Tecido escuro ou papel cartão para contraste no fundo;</p> <p>Cabo de conexão com entradas P2 Estéreo x 2 RCAs Macho.</p>
<p>Descrição do desenvolvimento da aula</p>
<p>Retomar conceitos das aulas anteriores com esquema de modelagem da vibração da corda do violão em relação às ondas estacionárias, para tal utilizar ilustrações e vídeo a fim de contextualizar o experimento a ser realizado.</p> <p>Em seguida, apresentar o experimento da corda vibrante com detalhes por meio de fotos em <i>slide</i> e interação vídeo chamada demonstrando o passo a passo do experimento, que tem a função de gerar uma onda transversal estacionária em um fio de bordado ou em um fio de lã.</p> <p>Definir algumas configurações de modo a variar a tensão sobre a corda alterando: o valor da massa de chumbada que ficará suspensa, densidade do fio e o comprimento do experimento ($L_{\text{experimento}}$), ou seja, a distância entre o suporte lateral L e aparato que está sobre o alto-falante.</p>

Para que o aluno possa estabelecer o acesso remoto ele deverá instalar o aplicativo de acesso remoto *Team Viewer* em seu celular ou computador.

Fornecer o ID do dispositivo (celular do laboratório), que possui instalado o aplicativo gratuito *Frequency Sound Generator*. O aluno deverá digitar em seu celular o código do ID do dispositivo (celular do laboratório) no aplicativo *Team Viewer*, a professora receberá uma mensagem no dispositivo (celular do laboratório) para conceder a permissão para o acesso remoto. Estabelecido a conexão, o aluno manuseará virtualmente o gerador de funções *Frequency Sound Generator* que está instalado no celular do laboratório os alunos irão revezar o acesso remoto para obter as frequências de ressonância para os harmônicos $n = 1, 2, 3, 4$ e 5 e anotar os valores para as tabelas específicas das configurações experimentais relacionados a dependência entre:

- o comprimento do fio ($L_{\text{experimento}}$), que representa “braço do violão”;
- a força tensora está associada à função de quando se utiliza a tarraxas do violão;
- e a densidade do fio relacionada às espessuras de cada uma das seis cordas do violão;

Avaliação

Avaliação contínua da participação na execução da atividade experimental via acesso remoto.

Modelos de Abordagens


https://ABORDAGEM_AULA_10.google.com




https://ABORDAGEM_AULA_11.google.com



Aula	Tema da aula
12	Traçando a onda
Objetivos	
- Obter a velocidade de propagação de uma onda na corda em estado estacionário por meio das discussões dos dados da regressão linear do gráfico confeccionado com dados experimentais.	
Conteúdo	
- Ressonância e onda estacionária	
Recursos utilizados	
Computador com conexão à <i>internet</i> ou celulares ou <i>tablet</i> ; Aplicativos: <i>Google Meet</i> , <i>Google Classroom</i> , Arquivos eletrônicos em <i>slides</i> da aula conceitual; Papel Milimetrado; Régua, lápis ou caneta colorida;	
Descrição do desenvolvimento da aula	
<p>Realizar a comparação das frequências de ressonância em relação (F) tensão, (μ) densidade linear e o comprimento ($L_{\text{experimento}}$) com a Tabela dos dados obtidos das atividades experimentais.</p> <p>Apresente (pelo <i>meet</i>, ou transcreva no quadro) os dados da Tabela com os pontos obtidos experimentalmente para confecção do gráfico das frequências (f) em função do número de ventres (n) para traçar a Reta Média a partir da distribuição dos pontos.</p> <p>Em seguida, desenvolver o tratamento matemático a partir das relações entre frequência (f), o comprimento da onda λ e a velocidade \vec{v}, de uma onda harmônica dada pela equação fundamental da ondulatória, combinando com os modos de vibrações dos harmônicos associaremos também a densidade linear da corda, por meio da equação de <i>Taylor</i> a fim de deduzir a equação de <i>Lagrange</i> que estabelece a equação Frequência do n-ésimo harmônico e para a definição da equação da velocidade das ondas estacionárias numa corda.</p> <p>Por meio da análise dos resultados graficamente e paralelamente ao tratamento matemático determinaremos a velocidade de propagação da onda na corda e conseqüentemente notando que a frequência de ressonância define as notas musicais.</p>	

Avaliação	
Confecção gráfica dos dados da atividade experimental; Compreensão do tratamento para o cálculo da velocidade de propagação da onda na corda.	
Modelos de Abordagens	
https://ABORDAGEM_AULA_12.google.com	
	
Aula	Tema da aula
13	Finalizando os conteúdos e estimulando a criatividade
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> - Retomar a equação de <i>Lagrange</i> (Frequência do n-ésimo harmônico) em situação problema; - Estabelecer a relação entre Física e Música em exercícios contextualizados; - Avaliar o desenvolvimento da sequência didática realizada verificando se o processo de ensino e aprendizagem foi capaz de ampliar e ou estabelecer uma reorganização entre os conceitos sobre ondulatória e suas aplicações. - Explorar a criatividade por meio de proposta de vídeo autoria dos alunos sobre ondas sonoras dos conceitos apropriados por meio da Abordagem <i>STEAM</i>. 	
Conteúdo	
<ul style="list-style-type: none"> - Mapas Conceituais; - Ondas Sonoras e Ondas Estacionárias 	
Recursos utilizados	
<p>Computador com conexão à <i>internet</i> ou celulares ou <i>tablet</i>;</p> <p>Aplicativos: <i>Google Meet</i>, <i>Google Classroom</i>, <i>Google Forms</i>;</p> <p>Arquivos eletrônicos em <i>slides</i> da aula conceitual;</p>	
Descrição do desenvolvimento da aula	
Retomar a equação de Lagrange (Frequência do n-ésimo harmônico) em resolução da situação problema como tarefa na aula anterior realizando discussão sobre a interdisciplinaridade entre Física e Música no contexto do	

exercício.	
Aplicar a pesquisa de diagnóstico final para avaliar os resultados sobre o presente produto utilizando os mesmos instrumentos supracitados na aula 01.	
Explicar o roteiro da atividade proposta de vídeo autoral utilizando a Abordagem STEAM de modo que possa demonstrar os conceitos apropriados no decorrer da sequência didática desenvolvida	
Avaliação	
Atividade diagnóstico final composta de mapa conceitual e questões discursivas; - Apresentação autoral de um vídeo de atividade experimental sobre a relação entre Física & Música;	
Modelos de Abordagens	
https://ABORDAGEM_AULA_13.google.com	

Considerações Finais

Estudamos alguns aspectos da relação entre a Física e a Música a partir dos conceitos de ondas sonoras. A Física envolvida é bastante complexa e pode ser bem explorada e aprofundada, conforme o nível desejado e o público que se deseja atingir.

Sugerimos e disponibilizamos algumas abordagens de modelos metodológicos de aplicação que podem ser desenvolvidos de modo integral ou adequados com o contexto que se pretende explorar.

Notamos a importância da avaliação diagnóstica para o refinamento do planejamento pedagógico, para estabelecer as estratégias metodológicas que possam contribuir com o desenvolvimento das habilidades dos alunos e consequentemente o desempenho adequado da tarefa docente.

Destacamos que a utilização de novas tecnologias em procedimentos dinâmicos os alunos devem estar no centro do processo e o professor, então, torna-se o unificador do conhecimento cotidiano e científico dos seus alunos. Logo notamos que as novas tecnologias, podem ser instrumentos de apoio, portanto não substituem a presença

e a ação do professor.

A proposta de atividade coletiva de apresentação em seminários, como o trabalho na aula 07 “corda bamba”, explore essa atividade de modo que os alunos possam desenvolver habilidades como a autonomia, coletividade e criatividade. Assim, destacamos a importância da diversidade de instrumentos de avaliação no processo de ensino e aprendizagem.

Recomendamos também que a atividade experimental da corda vibrante via acesso remoto, deva ser desenvolvida para a obtenção de dados, a fim de colaborar para a compreensão do estudo do fenômeno da ressonância e para o aprofundamento no tratamento matemático contextualizado, em que o nosso objetivo é determinar a velocidade de propagação da em corda. Ressaltamos que a inovação do experimento em formato remoto desperta ainda mais a curiosidade e o interesse dos alunos.

Enfatizamos ainda que a atividade por acesso remoto flexibiliza a dinâmica em sala de aula, considerando a carência de recursos e assistência em laboratórios de ciências das escolas públicas e privadas. Assim, notamos que incentivos de políticas públicas se faz necessário para implementação e manutenção de laboratórios de acesso remoto como o LARI – Laboratório de Acesso Remoto Interdisciplinar da UEM.

Referências bibliográficas do planejamento

1. **BRASIL**, 2000 Ministério da Educação, **Base Nacional Comum Curricular** MEC, 2017, Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCCEnsinoMedioembaixasite110518.pdf>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.
2. **BRASIL**, 2000 Ministério da Educação, **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**: MEC, 2000, Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2020. Acesso em: 18 de fevereiro de 2020.
3. **MOREIRA**, M.A.; **MASINI**, E.F.S. **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

4. **ARAUJO, JUNIOR, M. de S.** Avaliação. Disponível em <<https://www.webartigos.com/artigos/avaliacao-diagnostica-formativa-e-somativa/40842>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.
5. **ZABALA, A.** *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda, 1998.
6. **TIPLER, P. A.** *Física*/Paul A. Tipler; Traduzido por Horácio Macedo. -2.ªed. – Rio de Janeiro: 3v.Guanabara Dois, Apêndices ISBN 85 7030059-X (volume 1B), 1985.
7. **TIPLER, P.A.** *Física*. Volume 1. 4ª Edição. Rio de Janeiro. LTC Editora, 2000.
8. **GRILLO, M.L.; PEREZ,L.R.** (org.) *Física e Música*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.
9. **HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J.** Fundamentos de física. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009 vol 2;
10. **IVALIO, A.B.M. II. FUKUI, A. III FERDINIAN, B. IV. MOLINA, M.M.. V. VENÊ. VI. NANI, A.P.S.** Ser Protagonista: Física, 2º ano: Ensino Médio. São Paulo: Edições SM, 2016.
11. **MUKAI, H.; FERNANDES, P. R.G.** Manual de Laboratório de Física II, Departamento de Física Universidade Estadual de Maringá, 2018. Disponível em <http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2018/08/Manual-deLaborat%C3%B3rio-de-F%C3%ADsica-Experimental-II_2018.pdf>. Acesso em novembro de 2019.
12. **20Hz to 20kHz (Human Audio Spectrum)**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=qNf9nzvnd1k>. Acesso em 10 de fevereiro de 2020.
13. **Saint-Saens: Carnival of the Animals (Part I) performed by Millennium Youth Orchestra**. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=VP3tgmTGAe4>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.
14. **Experimento sobre a natureza do som**. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=gkdJ8e4ApWE&feature=youtu.be>>. Acesso em: julho de 2020.
15. **Animação da Representação onda luminosa perpassando um plano**. Disponível<<https://moodle.ufsc.br/mod/book/view.php?id=504285&chapterid=2655>>. Acesso em: 14 de março de 2020.
16. **Animação Oscilação de frentes de onda tridimensional**. Disponível em

- <<https://sites.google.com/site/solitonsufg/home/oscilacoes/>>. Acesso em: 14 de março de 2020.
17. **Simulação Onda Transversal**. Disponível em <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-on-a-string>>. Acesso em: 10 de março de 2020.
 18. **Animação sobre forma de ondas sonoras que poderiam ser associadas a um som musical e a um ruído**. Disponível em: <https://moodle.ufsc.br/mod/book/view.php?id=504285&chapterid=2655>. Acesso em: 14 de 10 de março de 2020.
 19. **Aplicativo Afinador de Violão e Violino 3.8.2**. Copyright A4tuneLabs. Disponível em google play Store. Acesso em: 20 de março de 2020.
 20. **Softwares Audacity 2.4.2**. Audacity the free, open source, cross-platform software for recording and editing sounds. Disponível em <<https://www.audacityteam.org/download/>>. Acesso em: 22 de abril de 2020.
 21. **Aplicativo Frequency Sound Generator** Fine Chromatic Tuner Current Version 2.50. Disponível em google play Store. Acesso em: 20 de março de 2020.
 22. **Software Team Viewer** Disponível em <<https://www.teamviewer.com/pt-br/solucoes/acesso-remoto/>>. Acesso em: novembro de 2019.

APÊNDICE A – Apresentação em vídeo do Produto Educacional

Apresentação oral e no formato vídeo pôster da proposta “Física e Música: uma abordagem multidisciplinar da ondulatória, por meio de atividade experimental via acesso remoto, no V Encontro Regional de Ensino de Física (EREF), da região oeste do estado do Paraná, organizado pela UFPR – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina e realizado virtualmente de 08 a 10 de dezembro de 2020.

Disponíveis em <<https://www.youtube.com/watch?v=bNoqgtFvZZ4&t=5125s>>e também em <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=ky5Q-HtdCds&feature=youtu.be>.

APÊNDICE B - Modelo para Atividade de Diagnóstico prévio em formato impresso.

Produto Educacional: Física e Música uma abordagem multidisciplinar da ondulatória.

ATIVIDADE DE DIAGNÓSTICO PRÉVIO

AULA 01: “Ouvir sempre é um bom começo!” (Sondagem inicial)

Aluno (a)	Nº.	Turma	Data	Colégio
			/ /	

1) Elabore um Mapa conceitual estabelecendo as relações com o tema Gerador Física e Música.



2) O que você entende por ondulatória?

3) Cite alguns exemplos de fenômenos ondulatórios de preferência os que estão presentes no nosso cotidiano.

4) É possível relacionar o estudo de ondas com outras áreas do conhecimento? Cite exemplos.



APÊNDICE C – Modelo pesquisa sobre os recursos disponíveis em formato impresso

Produto Educacional: Física e Música: uma abordagem multidisciplinar da ondulatória.
AULA 01: “Ouvir sempre é um bom começo!” (Sondagem inicial)

Questionário concepções prévias dos alunos e pesquisa de recursos

Aluno (a)	Nº.	Turma	Data	Colégio
			/ /	

1) Qual é a sua forma de acesso à internet?

- computadores residenciais computadores públicos
 Lan house Smartphones próprios
 Smartphones compartilhados em família

2) Com qual frequência você utiliza a internet?

- ao menos uma vez ao dia várias vezes ao dia
 semanalmente raramente

3) Caso você tenha respondido a questão anterior com (Várias vezes ao dia), quantas horas ou minutos você permanece conectado diariamente?

4) Em relação aos softwares abaixo, assinale a forma de utilização

Computador Celular Nunca utilizei

Excel
 Power Point
 AnyDesk
 Team Viewer

5) Você toca algum instrumento musical?

não sim.

6) Caso tenha respondido (SIM) na questão anterior especifique qual instrumento.

7) Agora se você respondeu que (NÃO) toca algum instrumento. Comente se gostaria de aprender e qual seria o instrumento?

APÊNDICE D - Modelo para Atividade de Diagnóstico Final em formato impresso.

Produto Educacional: Física e Música uma abordagem multidisciplinar da ondulatória.

ATIVIDADE DE DIAGNÓSTICO FINAL

Questionário concepções prévias dos alunos e pesquisa de recursos

AULA 13: *“Atividade de Diagnóstico Final - Exercitando a criatividade com a interdisciplinaridade entre a Física e a Música”*

Aluno (a)	Nº.	Turma	Data	Colégio
			/ /	

Você já conhece algumas das questões abaixo

Mas, espero que as nossas aulas tenham colaborado para que as respostas fiquem melhores!!!

- 1) Elabore um Mapa conceitual estabelecendo as relações com o tema Gerador Física e Música.

2) Comente o que você entende por ondulatória?

3) Cite alguns exemplos de fenômenos ondulatórios de preferência os que estão presentes no nosso cotidiano.

4) É possível relacionar o estudo de ondas com outras áreas do conhecimento? Cite exemplos.

5) Você conseguiu perceber alguma relação entre a Física e a Música? Comente.

6) Qual das atividades sobre ondulatória que realizamos você acha que aprendeu mais?

7) Relate sua experiência sobre o experimento da corda vibrante por meio do acesso remoto.

8) Qual foi a informação física obtida a partir do gráfico elaborado com os dados experimentais.

9) Você havia realizado alguma atividade experimental e analisado os resultados por meio de interpretação gráfica? Comente sua resposta.

APÊNDICE E – Modelos de Atividades em formato virtual

Modelo para a Atividade de Diagnóstico Prévio, presente na aula 01 .

Disponível em <<https://forms.gle/DIAGNÓSTICOPREVIO>> ,

Modelo para pesquisa sobre recursos disponíveis, presente na aula 01

Disponível em <https://forms.gle/PESQUISA_RECURSOS>

Modelo de Atividade de revisão desenvolvida na aula 04

Disponível em <https://forms.gle/REVISÃO>

Modelo de Atividade Avaliativa desenvolvido na aula 08

Disponível em <<https://forms.gle/AVALIACAO>>

Modelo para a Atividade de Diagnóstico Final, presente na aula 13

Disponível em <https://forms.gle/ATIVIDADE_DIAGNÓSTICO_FINAL>

Modelo para a Atividade desafio sobre Vídeo Experimental - Aula 13

Disponível em <<https://forms.gle/DESAFIO>>

APÊNDICE F – Aparato Experimental da corda vibrante por acesso remoto

F.1 – Materiais utilizados

Figura APF.1: Recursos para o experimento da corda vibrante por acesso remoto



F.2 – Etapas de Montagem do Aparato Experimental

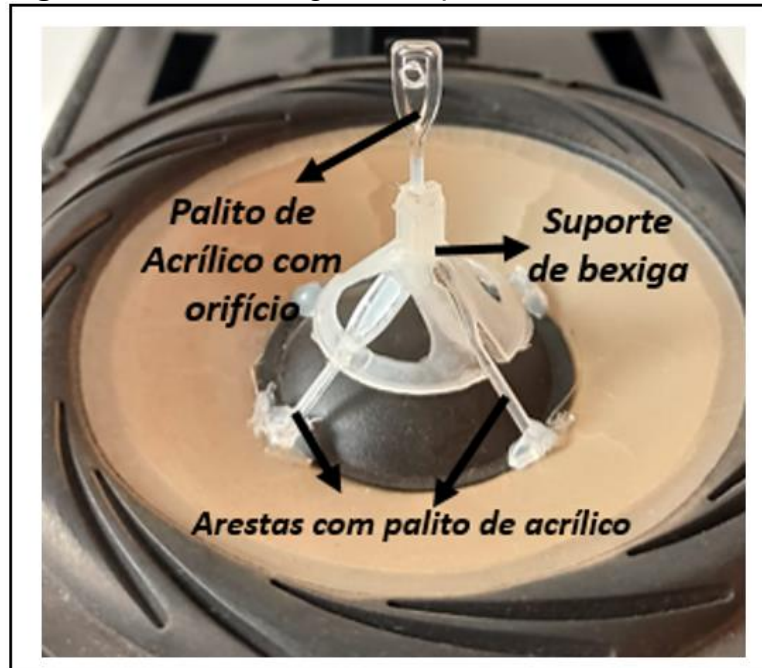
A montagem do sistema experimental está apresentada na foto da Figura APF.2. Esta é constituída por: uma massa suspensa por um fio (1), suporte em L (2), fio cordonê (3) e, na outra extremidade da mesa, e na foto em destaque, o alto-falante (4), *tablet* (5) e o amplificador (6).

Figura APF.2: Foto da montagem experimental da corda vibrante



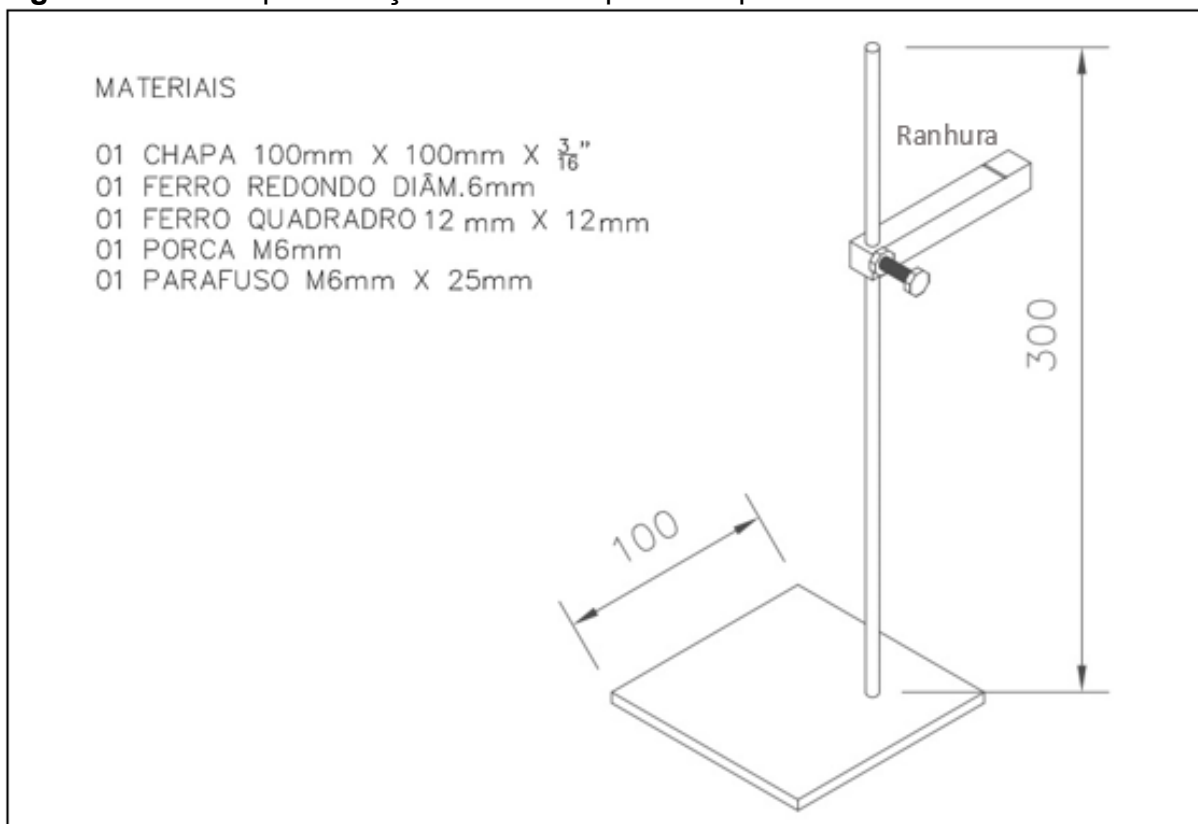
Etapa da Montagem do Aparato sobre o alto-falante: Cole no suporte de bexiga quatro arestas feitas com palitos acrílicos, espere secar, em seguida, fixe o aparato sobre a calota do alto falante. Faça um orifício na extremidade do palito acrílico, em seguida, cole na parte superior do suporte da bexiga. Como demonstrado na Figura APF.2

Figura APF.2: Montagem do aparato sobre o Alto falante



Etapa de Fabricação Suporte L invertido: O modelo para o suporte invertido apresentado na figura APF3, deve ser fixado na bancada com o grampo sargento.

Figura APF.3: Representação do modelo para o suporte invertido



Ranhura

Etapa de Conexões entre alto-Falante/ Amplificador/ Dispositivo de Mídia: Conecte o alto-falante na saída de sinal para caixa acústica localizado na parte traseira do amplificador. Estabelece também a ligação do dispositivo de mídia (Tablet ou celular) ao amplificador, utilizando o cabo de conexão com entradas P2 Estéreo x 2 RCAs Macho. De acordo com a Figura APF.3.

Figura APF.3: Montagem do aparato sobre o Alto falante



Etapa Conexão do Acesso remoto

Para que o aluno possa estabelecer o acesso remoto ele deverá instalar no seu celular ou computador o aplicativo de acesso remoto *Team Viewer*, disponível em <https://www.teamviewer.com/pt-br/download>. E seguir as seguintes instruções:

- 1ª – O aluno irá digitar no aplicativo *Team Viewer* o código do ID do dispositivo (celular do laboratório) fornecido pela professora.
- 2ª – Aguardar a professora conceder a permissão;
- 3ª – Estabelecido a conexão o aluno manuseará virtualmente o gerador de funções *Frequency Sound Generator* que está instalado no celular do laboratório para obter as frequências de ressonância para os harmônicos $n = 1, 2, 3, 4$ e 5 e anotar os valores para as tabelas específicas das configurações experimentais relacionados a dependência do comprimento do fio, da força tensora e densidade do fio.

Como representado na Figura APF.4.

Figura APF.4: Instruções do acesso remoto ao experimento da corda vibrante

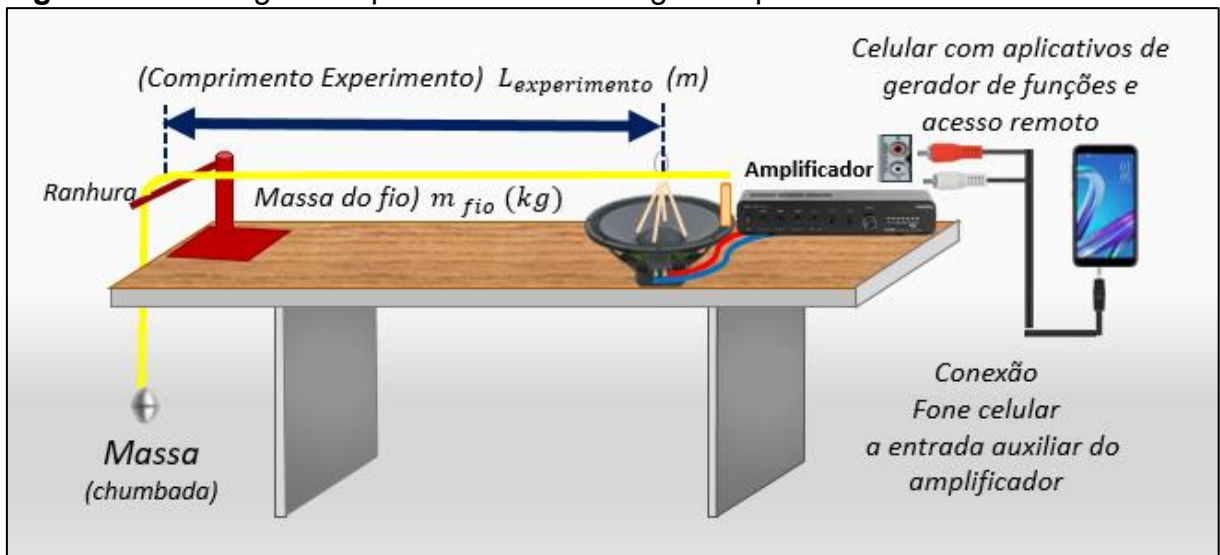


F.3 – Procedimento Experimental

01 – É possível estabelecer diversas configurações para atividade experimental. Verifique a quantidade de alunos da turma e proponha a atividade em grupo, de modo que possam fazer um comparativo da dependência da frequência de ressonância em relação a tensão sobre o fio, a densidade do fio e ao comprimento do fio do experimento.

02 – Monte o sistema como especificado na Figura APF.5

Figura APF.5: Figura esquemática da montagem experimental







03 – Mostre a aferição dos valores das massas em ordem crescente de tamanho e solicite aos alunos que anote os seus valores conforme a Tabela APF1.

Tabela APF1: Medidas das frequências (f) em função do número de ventres (n) e da tração aplicada ao fio de comprimento L sob a atuação de uma força peso de massa m .

Configuração		Harmônicos				Cordonê		
Comprimento Experimento	Massa Chumbadinha	n=1	n = 2	n = 3	n = 4	Massa	Comprimento	Densidade fio
$L_{\text{experimento}}$ (m)	$m \cdot 10^{-3}$ (kg)	f(Hz)	f(Hz)	f(Hz)	f(Hz)	m_{fio} $m \cdot 10^{-3}$ (kg)	ℓ_{fio} (m)	$\mu = \frac{m_{\text{fio}}}{\ell_{\text{fio}}}$

04 – Segue algumas sugestões para as configurações conforme descrito na Tabela APF2.

Tabela APF2: Indicações de variáveis para atividade experimental

Comprimento do Experimento	Massa Chumbadinha		Massa		Comprimento do fio
$L_{\text{experimento}}$ (m)	$m \cdot 10^{-3}$ (kg)		m_{fio} $m \cdot 10^{-3}$ (kg)		ℓ_{fio} (m)
1,20m e 1,30m					2.25m
Distância entre o alto-falante e o suporte em L invertido					

05 – Para estabelecer configurações experimentais variando o comprimento ($L_{\text{experimento}}$) do fio entre o alto-falante e o suporte em L invertido, a medida deve ser tomada do primeiro nodo ao último nodo.

06 – Estabelecido a configuração experimental, alinhe o sistema tal que o fio fique paralelo à mesa e alinhado com relação a ranhura do suporte em L invertido com o aparato fixo no alto-falante.

07 – Meça o comprimento (ℓ_{fio}) e a massa (m_{fio}) de um fio de mesmo material que o utilizado no experimento (adote ℓ_{fio} maior que 2 metros, devido a precisão da balança). Anote os dados na Tabela APF1.

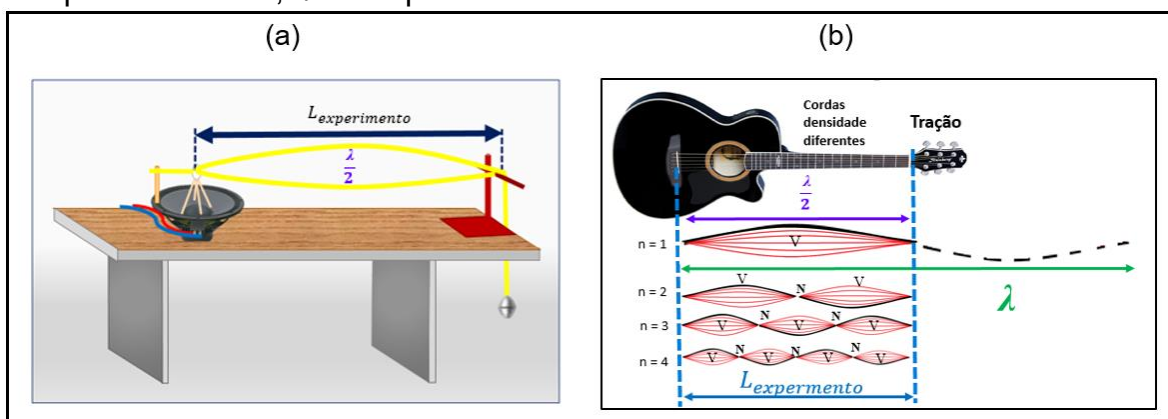
08 – Remotamente o aluno deverá acessar o aplicativo *Frequency Sound* do dispositivo de mídia local do laboratório, onde lentamente aumentará a frequência até o fio entrar em ressonância, no modo de vibração fundamental ($n = 1$). Solicite ao aluno que anote na Tabela APF1. Em seguida, o aluno continuará realizando a experiência remotamente a fim de obter as frequências de ressonância para os harmônicos $n = 2, 3, 4$ e 5.

F.4 – Resultado da Atividade Experimental

Utilizando os dados da Tabela APF1, cada aluno poderá realizar a atividade de distribuição dos pontos na construção do gráfico ($f \times n$) medidas das frequências (f) em função do número de ventres (n), para traçar a Reta Média, a partir da Regressão Linear com a edição do arquivo disponível em https://drive.google.com/PAPPEL_MILIMETRADO, que também poderá ser realizada em formato impresso.

Em seguida, o desenvolvimento do tratamento matemático em uma modelagem de assimilação do experimento ao instrumento de corda violão. Como representado na Figura APF.6

Figura APF.6: Figura esquemática de uma onda Estacionária, onde L é o comprimento do fio, λ o comprimento de onda.



As ondas provocadas pelo alto-falante percorrem o fio, são invertidas pela reflexão fixa, no suporte em L invertido, e retornam à extremidade inicial com uma variação de fase de 180° . Como a amplitude do alto-falante é pequena, ele reflete a onda como se fosse um suporte fixo, e a onda é novamente invertida voltando a percorrer o fio no sentido inicial. Como as ondas incidentes e refletidas possuem a mesma frequência e se propagam em sentidos opostos, sob condições apropriadas, elas podem combinar-se produzindo ondas estacionárias. Nesse momento, o fio e o alto falante estão em ressonância, sendo $(L_{\text{experimento}}) = (L)$, um múltiplo inteiro de meio comprimento de onda, conforme Figura APF.6 (a).

$$L = n \frac{\lambda_n}{2}, \quad \text{logo} \quad \lambda_n = \frac{2L}{n}$$

onde $n = 1, 2, 3, \dots$ representa o número de ventres. Isto quer dizer que, para valores diferentes de (n) , teremos vários modos de vibração (ou ressonância) do fio.

Podemos calcular a frequência do n -ésimo harmônico pela relação entre velocidade de onda (v) e a frequência (f). Assim:

$$v = \lambda_n \cdot f_n \rightarrow f_n = \frac{v}{\lambda_n} \rightarrow f_n = \frac{v}{\frac{2L}{n}} \rightarrow f_n = \frac{n \cdot v}{2L} \quad \text{Equação (1)}$$

Como a velocidade das ondas estacionárias numa corda depende da tensão (F) da corda e da sua densidade (μ), como verificamos na Equação de Taylor, onde:

$$v = \sqrt{F/\mu} \quad \text{Equação (2)}$$

Substituindo (2) em (1), temos a expressão geral para as frequências de vibração (ou ressonância) do fio, também chamados de harmônicos é:

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{F/\mu} \quad \text{Equação (3)}$$

A equação (3) é conhecida como fórmula de Lagrange, aplicando-a no contexto musical, temos que cada nota musical de determinada escala tem uma frequência definida. Exemplo que ocorre ao afinarmos um violão, cada corda com densidades específica (μ) tem sua tensão aplicada (F) ajustada ao comprimento da corda (L), para que produza a frequência (f) dentro da escala musical definida.

Por meio, da análise dos resultados graficamente e paralelamente ao tratamento matemático determinaremos a velocidade de propagação da onda na corda, considerando a Equação (1), segue:

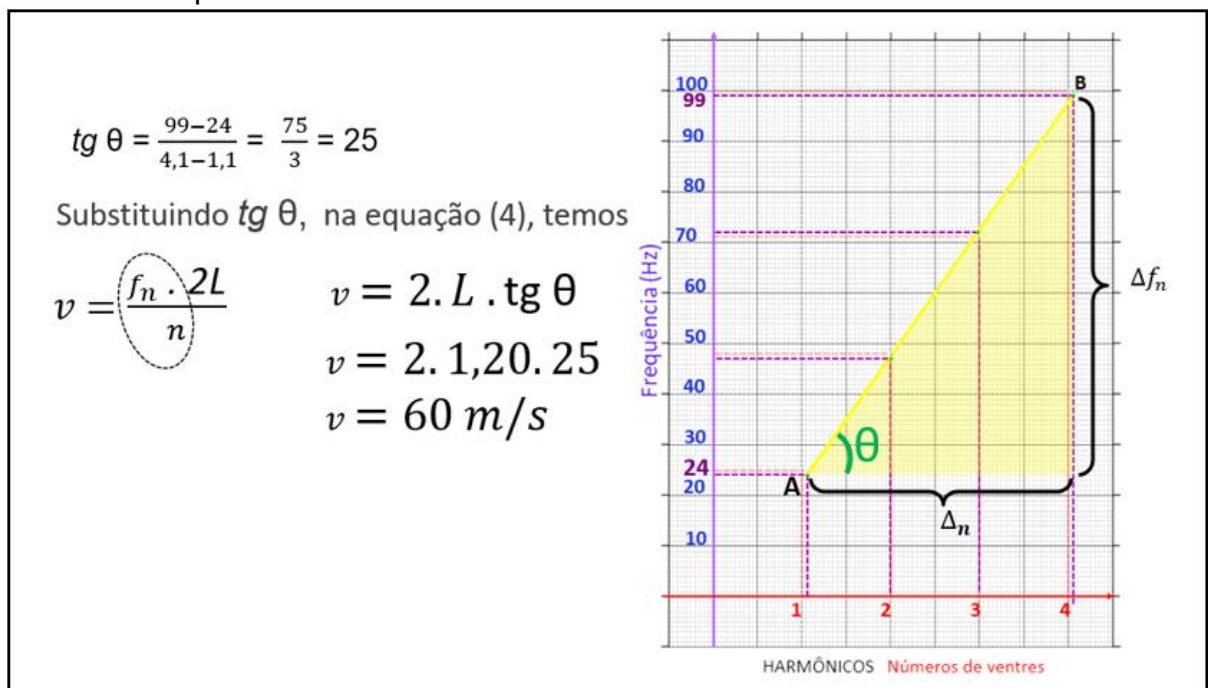
$$f_n = \frac{n}{2L} \cdot v \rightarrow n \cdot v = f_n \cdot 2L \rightarrow v = \frac{f_n \cdot 2L}{n} \quad \text{Equação (4)}$$

Do gráfico da regressão linear, obtemos:

$$\text{tg } \theta = \frac{\Delta f_n}{\Delta n}, \text{ temos } \text{tg } \theta = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

Como exemplificado na Figura APF.7

Figura APF.7: Exemplo de análise gráfica e tratamento matemático com dados obtidos no experimento da corda vibrante via acesso remoto.



F.5 – Investimento no Aparato Experimental

No Quadro APF.1 são apresentados os materiais utilizados e seus respectivos valores médios para confecção do aparato do experimento da corda vibrante para utilização com acesso remoto.

Quadro APF.1: Orçamento do Aparato Experimental – Junho/2021

Item	Material	Custo Material
1	1 - Alto Falante de 4"	R\$ 23,00
2	1 - Amplificador de áudio Potência RMS: 120W (2 Ohms)	R\$ 567,00
3	1 - Arame de aço mole 30cm para fazer gancho	R\$ 8,50

4	1 - Cabo de conexão com entradas P2 x2RCAs Macho	R\$ 12,00
5	1 - Celular ou <i>Tablet</i> contendo os aplicativos <i>Frequency Sound e Team Viewer</i>	R\$ 600,00
6	1 - Chumbada de pesca em formato oliva, 15g	R\$ 1,12
7	1 - Chumbada de pesca em formato oliva, 30g	R\$ 2,23
8	1 - Chumbada de pesca em formato oliva, 90g	R\$ 6,75
9	1 - Fio de som de 0,8m para conectar alto falante ao amplificador	R\$ 1,20
10	1 - Fita Adesivo para fixar tecido	R\$ 5,80
11	1 -Grampo Sargento	R\$ 18,00
12	5 - Mini Palito de Acrílico	R\$ 1,25
13	1 - Suporte para bexiga	R\$ 0,80
14	1 - Meada de seis fios para ponto cruz	R\$ 2,80
15	1 - Lã Acrílica	R\$ 10,00
16	1 - Tecido Oxford Liso 3mx1,5m	R\$ 8,00
Investimento para o experimento da corda vibrante com Acesso Remoto		R\$ 1.284,45

Ressaltamos que esse orçamento apresentou valores significativos devido ao intuito de ser uma demonstração de prática de amplo acesso, ou seja, ao alcance de diversas unidades escolares, pois sua implementação faz parte do contexto do LARI – Laboratório de Acesso Remoto Interdisciplinar implantando no UEM – Universidade Estadual de Maringá. Consideramos que os maiores valores agregados são referentes ao amplificador de maior potência e ao celular. Destacamos que esses materiais são utilizados para uma visualização adequada dos harmônicos, quando a prática é realizada por vídeo chamada. Essa atividade pode ser reproduzida de forma adaptada à realidade do contexto escolar.