

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO SEMIÁRIDO CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

CLÁUDIA SOARES FEITOSA BARBOSA

**A INTERDISCIPLINARIDADE E A UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS MUSICAIS
COMO INCENTIVO PARA O ENSINO DE ACÚSTICA: ESTUDO DE CASO DO
VIOLÃO E DO CAVAQUINHO**

MOSSORÓ/RN

2020

CLÁUDIA SOARES FEITOSA BARBOSA

**A INTERDISCIPLINARIDADE E A UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS MUSICAIS
COMO INCENTIVO PARA O ENSINO DE ACÚSTICA: ESTUDO DE CASO DO
VIOLÃO E DO CAVAQUINHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Dr^a. Erlania Lima de Oliveira.
Coorientador: Dr. Rafael Castelo Guedes Martins.

MOSSORÓ/RN

2020

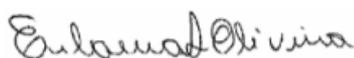
**A INTERDISCIPLINARIDADE E A UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS MUSICAIS
COMO INCENTIVO PARA O ENSINO DE ACÚSTICA: ESTUDO DE CASO DO
VIOLÃO E DO CAVAQUINHO**

CLÁUDIA SOARES FEITOSA BARBOSA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 28/ 12/ 2020

BANCA EXAMINADORA



Profª Drª. Erlania Lima de Oliveira - UFRSA
Orientadora e presidente da banca



Prof. Drª Subênia Karine de Medeiros - UFRSA
Membro interno



Prof. Dr. Francisco Nairon Monteiro Júnior - UFRPE
Membro externo



Prof. Dr. Albano Nunes de Oliveira – SEDUC/CE;FVJ
Membro externo

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B238 Barbosa, Cláudia Soares Feitosa.

A Interdisciplinaridade e a utilização de instrumentos musicais como Incentivo para o Ensino de Acústica: Estudo de caso do violão e do cavaquinho / Cláudia Soares Feitosa Barbosa. - 2020.

134 f. : il.

Orientadora: Erlania Lima de Oliveira.
Coorientador: Rafael Castelo Guedes Martins.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal

Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Física, 2020.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a DEUS, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Agradeço ao meu Pai, Luiz Feitosa da Silva, e a minha Mãe, Maria do Socorro Soares da Silva, pelo apoio e compreensão durante o desenvolvimento deste mestrado.

A minha primogênita, Alice Feitosa Barbosa pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este trabalho.

As minhas filhas, Rogéria Feitosa Barbosa, Tamires Maria Feitosa Barbosa e Clarisse Maria Feitosa Barbosa, pela compreensão nos momentos de ausência.

Ao meu esposo Rogério Barbosa de Souza, pela parceria e por me acompanhar em todos os momentos, sempre me dando força e acreditando no meu potencial, visando o meu sucesso pessoal e profissional.

A minha orientadora Prof.^a. Dr.^a. Erlania Lima de Oliveira, que conduziu o trabalho com paciência e dedicação, sempre disponível a compartilhar todo o seu vasto conhecimento.

A todos os professores do programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal Rural do Semiárido, pois foram importantes no meu período acadêmico.

Aos colegas do mestrado profissional, em especial, Ana Kelly Silva do Carmo Monteiro, Francisca Daniele Costa de Lima Beserra, Marília de Queiroz Sena e João Paulo Ferreira pela convivência e apoio, pois também contribuíram para este trabalho através de discussões e críticas construtivas.

A minha amiga Maria Amélia Rebouças de Matos, meu muito obrigada. Você foi fundamental para a minha formação, por isso merece o meu eterno agradecimento.

À Michelle de Moura Silva, que fez parte dessa etapa decisiva em minha vida.

Ao meu amigo de trabalho Maestro e professor de Artes, Anderson Nascimento Silva, por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus alunos do Curso de Informática que fizeram parte de minha pesquisa, pois sem eles o estudo não teria sido possível.

A todos os colegas de turma que fizeram parte dessa caminhada.

À Escola Estadual de Educacional Profissional Professora Elsa Maria Porto Costa Lima, que me recebeu muito bem, dando oportunidade para realizar a pesquisa dessa dissertação.

Ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), pela oportunidade.

À Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), que sempre me acolheu.

À Sociedade Brasileira de Física – SBF, pelo respaldo dado ao programa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento dos estudos por meio de bolsa concedida aos meus colegas.

À UFERSA, polo 09, pela liberdade e confiança no trabalho desenvolvido.

“A Música e a Ciência originam-se de fontes diferentes, mas estão ligadas por um fio comum, que é o desejo de exprimir o desconhecido”. Albert Einstein (1879-1955)

RESUMO

A INTERDISCIPLINARIDADE E A UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS MUSICAIS COMO INCENTIVO PARA O ENSINO DE ACÚSTICA: ESTUDO DE CASO DO VIOLÃO E DO CAVAQUINHO CLÁUDIA SOARES FEITOSA BARBOSA

Orientadores:

Profa. Dra. Erlania Lima De Oliveira
Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins

Atualmente a educação vem atravessando um período de grandes transformações em virtude dos avanços científicos e tecnológicos. No entanto, as práticas escolares estão cada vez mais distantes desta realidade, por exemplo, uma das maiores dificuldades encontradas no ensino de Física, está no fato de que a Física, é vista como algo difícil e desconectada do cotidiano dos estudantes. Este cenário nos tem desafiado a propor novas estratégias, metodologias educacionais que orientem as práticas pedagógicas dos docentes e permitam aos estudantes desempenhar um papel mais ativo no processo de aprendizagem. Desta forma, a presente pesquisa centra sua atenção na elaboração e aplicação de uma proposta pedagógica, utilizando o violão e o cavaquinho como ferramentas para o ensino de acústica, onde os fenômenos sonoros são interpretados como ferramentas teóricas simples, por meio de uma abordagem dialógica na qual se busca explorar as interpretações expostas pelos estudantes para os fenômenos sonoros observados. Nossa dissertação se fundamenta na Teoria sociocultural de aprendizagem do psicólogo Lev Vygotsky, este explicita que o conhecimento ocorre a partir das relações sociais, seja da história ou da cultura em que o indivíduo está inserido, afirmação que corrobora com a concepção do conceituado educador brasileiro Paulo Freire. Verificamos que envolver os estudantes cognitivamente na tarefa de ler o mundo pela perspectiva dos conceitos científicos presentes, particularmente associar fenômenos sonoros com situações reais do cotidiano, mesclando com o uso dos instrumentos musicais, tornar o estudo da acústica mais atrativo para os discentes. A natureza dialógica das atividades permitiu explorar os limites explicativos das interpretações dos estudantes para os fenômenos sonoros observados de forma coletiva, cooperativa, interdisciplinar e democrática. Desenvolvendo nos estudantes mais autonomia e um pensamento crítico diante da sociedade na qual estão inseridos. A receptividade, motivação e interação dos estudantes observados durante a realização das atividades indicam que o produto Educacional Física  Música cumpriu seu objetivo de enfatizar os conceitos físicos, destacando a presença e a importância dos mesmos nas situações cotidianas.

Palavras chave: Ensino de Física, Acústica, Instrumentos Musicais.

ABSTRACT

INTERDISCIPLINARITY AND THE USE OF MUSICAL INSTRUMENTS AS AN INCENTIVE FOR TEACHING ACOUSTICS: CASE STUDY OF THE VIOLAN AND CAVAQUINHO

CLÁUDIA SOARES FEITOSA BARBOSA

Advisor Professors:

Profa. Dra. Erlania Lima De Oliveira

Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins

Currently, great changes have been taken place transforming education and pedagogical approaches, modifying the ways we teach and motivate students for learning due to scientific and technological advances. However, school practices are still very distant from this reality, for example, one of the greatest challenges encountered in teaching Physics is the fact that Physics is perceived as something difficult and disconnected from students' daily lives. Considering this scenario we reflect and propose new educational strategies and methodologies that could guide teacher's pedagogical practices and enable students to play a autonomous role concerning their own learning. In this way, the aim of this search is focused on the elaboration and application of a pedagogical proposal using the acoustic guitar and the cavaquinho as tools for teaching acoustics, where the sound phenomena are interpreted through simple theoretical tools, accordingly to a dialogical approach, seeking to explore student's phenomena interpretations. Our dissertation is based on the sociocultural theory of learning proposed by the psychologist Lev Vygotsky, who explains that cognition takes place through social relationships, from history or cultural perspectives, but completely attached to where the individuals are inserted, on their communities. Indeed, this corroborates the pedagogical conception of the renowned Brazilian educator Paulo Freire. We found that involving students cognitively in the task of comprehend the world from the perspective of scientific concepts, particularly associating sound phenomena with nowadays situations, using musical instruments, makes the study of acoustics a marvelous experience for them. The dialogical nature of the activities allowed us to explore the explanatory limits of students' interpretations for the sound phenomena observed in a collective, cooperative, interdisciplinary and democratic way. Developing more autonomy and critical thinking among students on the place where they live. The receptivity, motivation and interaction of the students observed during the activities indicates that the proposed method, as a pedagogical tool for Physical Education, fulfilled its objective of emphasizing physical concepts, highlighting their presence and importance in everyday situations.

Keywords: Teaching Physics, Acoustics, Musical Instruments

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 - (a) Propagação de ondas transversais ao longo da corda esticada. (b) Propagação de ondas longitudinais ao longo do tubo	35
FIGURA 3.2 - (a) Propagação de uma onda senoidal no instante $t=0$. (b) posição de um elemento do meio em função do tempo.	36
FIGURA 3.3 - (a) interferência construtiva; (b) interferência destrutiva	38
FIGURA 3.4 - Padrões de ondas estacionárias produzidas em diversos instantes por duas ondas progressivas se propagando em direções opostas	39
FIGURA 3.5 - Modos de vibração da onda	39
FIGURA 3.6 - As partes do Violão.....	43
FIGURA 3.7 - Notas e cordas do violão	45
FIGURA 3.8 - Demonstração das notas musicais	47
FIGURA 3.9 - Onda longitudinal.....	48
FIGURA 3.10 - As partes do cavaquinho	50
FIGURA 4.1 - EEEP Professora Elsa Maria Porto Costa Lima – Aracati Ceará	54
FIGURA 4.2 - Interação pela rede social <i>whatsapp</i> com os alunos	59
FIGURA 4.3 - Aplicativo simulação computacional diapasão.....	60
FIGURA 4.4 - Instantâneo do vídeo sobre cordas vibrantes de um violão.....	61
FIGURA 4.5 - Uma das interfaces do Afinador DaTuner.....	61
FIGURA 4.6 - O <i>Software Ripper</i>	62
FIGURA 4.7 - A trilha Física  Música	63
FIGURA 4.8 – Cartas da Trilha Física  Música	65
FIGURA 5.1 – Afinação dos instrumentos através do aplicativo <i>DaTuner</i> no smartphone	67
FIGURA 5.2 – Espectro do cavaquinho e do violão	73
FIGURA 5.3 – Argumentações dos professores	75

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Trabalhos relacionados ao Ensino de Física publicados nos anais dos eventos ENPEC, SNEF e revistas científicas entre 2015 e 2020	24
TABELA 2 - Grandezas musicais e grandezas físicas	41
TABELA 3 - Descrição das partes que compõem o violão	44
TABELA 4 – Notas musicais, cordas e frequências do violão	45
TABELA 5 - Descrição das partes que compõem o cavaquinho	50
TABELA 6 – Cordas, afinação e frequências do cavaquinho	52
TABELA 7 - Quadro de discentes	55
TABELA 8 - Etapas dos Encontros – Aulas.....	56
TABELA 9 - Frequências das notas na corda do violão e do cavaquinho	68
TABELA 10 - Frequência nas cordas do violão e do cavaquinho com comprimento reduzido	69
TABELA 11 - Frequências e Tensões nas cordas do Violão.....	70
TABELA 12 - Frequências e Tensões nas cordas do Cavaquinho.....	70
TABELA 13 - Resultados Experimentais do Violão	71
TABELA 14 - Frequência encontrada a partir da escuta das notas musicais.....	71
TABELA 15 - Frequência encontradas a partir da escuta das notas musicais	74

LISTA DE GRÁFICO

GRÁFICO 4.1 - Instrumentos musicais com os quais os alunos têm afinidade.....58

LISTA DE QUADROS

QUADRO 5.1- Discussão interpretativa sobre produção do som.....	66
QUADRO 5.2 - Discussão interpretativa sobre o timbre	72
QUADRO 5.3 - Argumentações dos professores	75

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

a.C – Antes de Cristo

ART – Artigo

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física

CD – *COMPACT DISC*

CE – Ceará

DR^a – Doutora

EaD – Ensino a Distância

EM – Ensino Médio

ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências

EPEF – Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física

ET AL – E outros

HZ – hertz (Hz).

LDB – Lei de Diretrizes e Bases

LDBN – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PE – Produto Educacional

PDF – Portable Document Format

PROF^a - Professora

PVC – Polyvinyl chloride

REV. BRAS. ENS. FIS. – Revista Brasileira de Ensino de Física

RN – Rio Grande do Norte

RS – Rio Grande do Sul

SBF – Sociedade Brasileira de Física

SD – Sequência Didática

SÉC – Século

SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física

UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

UFERSA – Universidade Federal Rural do Semiárido

ZDP – Zona de Desenvolvimento Potencial

ZDP – Zona de Desenvolvimento Proximal

ZDR – Zona de Desenvolvimento Real

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo Geral	19
1.1.2 Objetivos Específicos	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO A PARTIR DE VYGOTSKY	21
2.2. PEDAGOGIA DIALÓGICA DE PAULO FREIRE	22
2.3 TRABALHOS RELACIONADOS QUE UTILIZAM AS CONCEPÇÕES DE VYGOTSKY E FREIRE	24
2.4 A INTERDISCIPLINARIDADE FÍSICA - MÚSICA	27
2.5 A FÍSICA E OS INSTRUMENTOS MUSICAIS	29
2.5.1 Física e Instrumentos Musicais: Campo educacional	30
3 PRINCÍPIOS BÁSICOS DA FÍSICA ONDULATÓRIA APLICADA A CORDAS	34
3.2 ONDAS HARMÔNICAS	35
3.2 INTERFERÊNCIA E ONDAS ESTACIONÁRIAS	37
3.2 Grandezas Musicais e Grandezas Físicas	41
3.3 O VIOLÃO	42
3.4 O CAVAQUINHO	49
4 METODOLOGIA	53
4.1 CAMINHOS DA PESQUISA	53
4.1.1 Caracterização do contexto da pesquisa	53
4.1.2 Caracterização dos sujeitos participantes da pesquisa	55
4.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	55
4.2.1 Descrição da Primeira Etapa	57
4.2.2 Descrição da Segunda Etapa	60
4.2.3 Descrição da Terceira Etapa	61
4.2.4 Descrição da Quarta Etapa	62
4.2.5 Descrição da Quinta Etapa	63
4.2.6 Descrição da Sexta Etapa	65
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
5.1 ANALISANDO O SOM DO VIOLÃO E DO CAVAQUINHO	66
5.2 DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DA ONDA NAS CORDAS DO VIOLÃO E DO CAVAQUINHO	70
5.3 ANÁLISE ESPECTRAL DO SOM	71
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76

REFERÊNCIAS	79
ANEXO	87
1. INTRODUÇÃO	91
VAMOS REFLETIR	91
PARADA OBRIGATÓRIA	100
OLHANDO DE PERTO	101
PENSE E RESPONDA	104
OBSERVAÇÃO	108
OLHANDO DE PERTO	109
PENSE E RESPONDA	111
PENSE E RESPONDA	113
PENSE E RESPONDA	117
Regras da Trilha Física  Música	119

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação centra sua atenção na elaboração e aplicação de uma proposta pedagógica, utilizando instrumentos de cordas como o violão e cavaquinho para o desenvolvimento de uma abordagem interdisciplinar que envolve Arte e Ciências.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Física orientam que o ensino deve ser contextualizado, levando em consideração a vida dos estudantes, priorizando conteúdos que ajudem a desenvolver autonomia e análise crítica. Dessa forma, o objetivo do Ensino Médio é formar o estudante como cidadão capaz de entender o mundo que o cerca, sendo capaz de decidir sobre seu futuro (RICARDO; FREIRE, 2007).

No entanto, as práticas escolares estão cada vez mais distantes de alcançar tal objetivo. Uma das maiores dificuldades encontradas no ensino de Ciência está no fato de que a Ciência, e muito em particular a Física, é vista como algo difícil e desconectada do cotidiano dos discentes (SILVA JR; MILTÃO, 2015).

Diante disso, o papel do professor de Física é o de buscar novas práticas pedagógicas que envolvam aspectos sociais e culturais que são fatores muito importantes na formação dos estudantes. Em sua obra “Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa”, Freire afirma que (1996, p. 25), “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua própria produção. Com isto, mais do que repassar conteúdo, o papel dos facilitadores é abrir caminhos”.

Vygotsky (2003) destaca a importância do papel do professor como agente indispensável do processo de ensino e aprendizagem. Nessa perspectiva, cabe a esse educador propiciar experiências adequadas para que a aprendizagem do estudante ocorra de modo satisfatório. Com base nessa relação dialógica, é preciso considerar, sobretudo, as estruturas cognitivas que o discente já traz consigo, facilitando, assim, a construção de novos conhecimentos.

Neste sentido, a realização deste trabalho faz-se relevante, pois o estudo do violão e do cavaquinho são objetos de intensa observação científica e oportunizam as mais diversas situações que permitem relacionar conteúdo de acústica com o cotidiano dos estudantes. Assim, tem-se a Física em uma das formas de arte, a música que mais encanta o ser humano.

A motivação para elaboração e implementação desse projeto de pesquisa nasceu quando percebi a paixão dos meus estudantes pela música, observei que alguns, inclusive, tocavam algum instrumento musical. Neste momento, entendi que a música poderia ser usada como tema gerador para o processo de ensino e aprendizagem de acústica, uma vez que os discentes se interessam pelo tema que faz parte do cotidiano deles.

A curiosidade sobre como descrever os fenômenos sonoros fez-se presente durante a exploração dos objetos, cujo objetivo principal não foi matematizar demasiadamente o conteúdo de acústica, e sim, enfatizar os fenômenos físicos envolvidos. A compreensão do funcionamento dos instrumentos musicais facilitou muito a análise conceitual por parte dos estudantes. Sabe-se que o processo de ensino e aprendizagem, quando acontece a partir das vivências do estudante e do conhecimento de mundo que ele traz consigo, torna-se bem mais envolvente e prazeroso.

Neste contexto, realizou-se um levantamento no âmbito da literatura científica sendo encontrados vários trabalhos, entre eles pode-se citar Gama (2006), Krummenauer, Pasqualetto e Costa (2009), Lago (2015), Pereira (2010), Silva (2017), Lima (2018), dentre outros, que mostram a relevância de se utilizar a música, particularmente os instrumentos musicais, como ferramenta didática para o ensino de Física.

Diante dessas constatações, elaborou-se uma sequência didática (SD) “FÍSICA & MÚSICA” que compõe o Produto Educacional (PE), com base nas concepções de Vygotsky (1998) e Freire (1996) para designar as ações a serem desenvolvidas. Sendo assim, buscou-se desenvolver uma proposta pedagógica, com uma metodologia diferenciada para o ensino de acústica.

A sequência desenvolvida encontra-se em formato de livreto, contendo uma coletânea de atividades que inclui testes de sondagem e atividades experimentais, com a finalidade de realizar um estudo sobre a utilização de instrumentos de cordas. Para este trabalho foram utilizados o violão e o cavaquinho no desenvolvimento de uma abordagem interdisciplinar que envolve Arte e Ciências Exatas no estudo de acústica.

Freire, no seu livro *Pedagogia do Oprimido* (2011), editado pela quinquagésima vez, pontua que a interdisciplinaridade é o processo metodológico de

construção do conhecimento pelo sujeito com base em sua relação com o contexto, com a realidade e com sua cultura.

Além disso, Nunes (2006) enfatiza que o ato de ensinar ciências pode assumir um papel de destaque à medida que nos dispusermos a desenvolver situações de aprendizagem realmente significativas para quem aprende.

A presente dissertação foi desenvolvida em período integral e contou com a participação dos estudantes do 2º ano do Ensino Médio e com professores das áreas do conhecimento referentes a Artes, Música e Física, da Escola de Ensino Educação Profissional Elsa Maria Porto Costa Lima, situada em Aracati, no Ceará.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 **Objetivo Geral**

Estimular a construção de um ambiente de discussão, para a construção do conteúdo científico. O que se deseja é que os estudantes desenvolvam o conhecimento científico a partir dos seus conhecimentos prévios.

Formular e resolver problemas são processos inerentes à construção do conhecimento científico. Segundo Bachelard (1996), o saber científico deve ser constituído através da resolução de problemas. Concepção que corrobora com o pensamento de Freire (1977, p. 54). “Nenhum pensador, como nenhum cientista, elaborou seu pensamento ou sistematizou seu saber científico, sem ter sido problematizado, desafiado”. Tal posição deve ser refletida no ensino.

1.1.2 **Objetivos Específicos**

- Motivar docentes de Física a atualizarem suas práticas docentes, no intuito de formar cidadãos críticos e reflexivos, capazes de interpretar a realidade e construir significados;
- Refletir sobre o processo de aprendizagem através da teoria sociointeracionista de Vygotsky e da Pedagogia dialógica de Paulo Freire;
- Propor uma metodologia alternativa que oportunize aos estudantes envolvidos discutir e aplicar os conceitos de Acústica, abrangendo assim no 1º eixo da

alfabetização científica de acústica com vista a uma reflexão crítica e autônoma;

- Transformar não apenas o conhecimento apreendido pelo discente, mas, sobretudo, suas formas de ver a Física como ferramenta interpretativa da realidade na qual ele está inserido, abrangendo desta forma o 2º eixo da alfabetização científica. Que se constitui em algo essencial para o exercício pleno de sua cidadania;
- Promover a integração dos conteúdos das disciplinas de Arte e Física.
- Compreensão básica de conceitos científicos fundamentais na música;
- Destacar a importância da utilização de instrumentos musicais como estratégia de ensino para dar aplicabilidade e concretude ao conteúdo de acústica;
- Averiguar se o Produto Educacional aplicado através das sequências didáticas contribui para a compreensão da acústica e do uso de instrumentos musicais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO A PARTIR DE VYGOTSKY

O conhecimento humano inicia-se quando a criança imita os adultos com quem convive (WERNECK, 2006, p.178). À medida que atinge o nível de desenvolvimento necessário para a compreensão do mundo que a cerca, apropria-se de novo saber, organizando-o a seu modo.

O processo de construção do conhecimento é inerente ao ser humano. Nessa perspectiva, a noção de construção do conhecimento, segundo Werneck (2006, p. 175) “é entendida como constituição de saberes aceitos em determinado tempo histórico e/ou como processo de aprendizagem do sujeito”.

Para aprofundar esta investigação, buscou-se compreender a teoria sociocultural de aprendizagem do psicólogo Lev Vygotsky (1896 – 1934), pioneiro em conceituar o desenvolvimento intelectual que ele explicita ser o conhecimento que ocorre a partir das relações sociais, seja da história ou da cultura onde o indivíduo está inserido.

Lev Vygotsky desenvolveu a teoria de aprendizagem sociointeracionista, afirmando que a vivência em sociedade é essencial não só para ontogênese, ou seja, para os processos evolutivos ao longo da vida. É através da aprendizagem com os outros que os conhecimentos cognitivo, afetivo e social são construídos.

Para Vygotsky (1998), existem três níveis de desenvolvimento: a Zona de Desenvolvimento Real (ZDR), que determina o que o estudante é capaz de realizar sozinho; a Zona de Desenvolvimento Potencial (ZDP), que determina o que o estudante só consegue realizar sob orientação de outra pessoa com nível de desenvolvimento mais avançado; e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) que é a distância entre o nível de desenvolvimento real e o potencial.

Entende-se, assim, que é através da troca de conhecimentos com os outros e consigo mesmo que se consegue internalizar novas aprendizagens e que aquilo que o estudante hoje só consegue fazer com a ajuda, amanhã conseguirá fazer sozinho, ou seja, a zona proximal atual será a zona de desenvolvimento real futuramente. No processo de ensino e aprendizagem, o estudante utiliza o que ele já sabe como

ponte para construção de um novo saber, saindo de sua Zona de Desenvolvimento Real (ZDR) para Zona Desenvolvimento Proximal.

Segundo Gehlen et al. (2008, p. 78), “no âmbito da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) – isto é, dentro dos limites da capacidade de entendimento dos estudantes, considerando o seu nível de desenvolvimento real e projetando atividades que o levem para além deste [...]”. Uma das principais influências nesse processo é a cultura que é vivenciada no meio onde o homem vive. Através da interação social cada ser humano aprende a se desenvolver e agir no seu meio, que, para Vygotsky, é fundamental no desenvolvimento intelectual do estudante, o que ocorre de fora para dentro, ou seja, o conhecimento vem do contexto exterior.

O desenvolvimento do estudante envolve tanto processos pessoais como sociais. Segundo Vygotsky (1998), “na ausência do outro, o homem não se constrói homem” (apud SILVA, ALMEIDA & FERREIRA, 2011). O discente não é apenas ativo, mas interativo, ou seja, é um ser que se forma através das experiências que são vivenciadas por toda sua vida e o papel do professor é determinante neste processo de formação, ele representa um elo entre o discente e o conhecimento disponível no ambiente.

Além da abordagem sociointeracionista de Vygotsky, este trabalho utiliza também como aporte teórico a perspectiva educacional de Paulo Freire, explorando aspectos como a dialogicidade e a problematização.

2.2. PEDAGOGIA DIALÓGICA DE PAULO FREIRE

No processo de ensino e aprendizagem é essencial facilitar o desenvolvimento do potencial criador dos estudantes. Uma forma de fazer isso é oportunizando o desenvolvimento de habilidades, dos mesmos através de divertidas discussões sobre os significados presentes no funcionamento de objetos presentes em seu cotidiano de um modo que se aborde o conteúdo como uma situação-problema para a qual se busca uma solução pensada e refletida coletivamente. Competência não se ensina, não se aprende. Ela desabrocha. Aquilo que Freire (1996) chamou de “problematização dos conteúdos”.

A problematização proposta por Freire consiste em apresentar questões que fazem parte do cotidiano dos estudantes/comunidade. É nesse momento que os estudantes são desafiados a exercerem uma análise crítica sobre determinada

questão, ou seja, é essencial fazer brotar interpretações científicas nos estudantes, de modo que eles possam ler o mundo a sua volta, tornando-se mais conscientes de seu papel na sociedade na condição de cidadãos.

De acordo com Freire (1977, p. 54), “Nenhum pensador, como nenhum cientista, elaborou seu pensamento ou sistematizou seu saber científico sem ter sido problematizado, desafiado”. Tal posição deve ser refletida no ensino.

Para selecionar as temáticas sobre a problematização de conteúdos proposta por Freire na primeira publicação da sua obra *Pedagogia do Oprimido* (1968), é necessário realizar o processo de Investigação Temática. Delizoicov e Angotti (1991) estruturou esse processo para a escola formal, com o objetivo de organizar o programa escolar a partir da realidade dos estudantes. Ele propôs 3 momentos pedagógicos distribuídos em 5 etapas: Momento I - Problematização Inicial: (1) levantamento preliminar da realidade local; (2) análise da realidade local e seleção de temas significativos para os estudantes; Momento II - Organização do Conhecimento: (3) círculo de conversa com os estudantes para confirmação do tema; Momento III - Aplicação do Conhecimento: (4) Seleção dos conhecimentos científicos necessários para o entendimento do tema e a construção do programa escolar a partir da realidade local e (5) Implementações em sala de aula.

A concepção Freireana pode contribuir para uma educação intercultural crítica, que segundo Candau e Koff (2015) vem se afirmando nos últimos anos, mas ainda enfrenta muitos desafios na sua incorporação escolar, pois exige uma mudança de configuração do currículo, da participação dos professores, nas práticas pedagógicas, entre outras. Os autores acreditam que o trabalho com projetos, articulado à perspectiva intercultural e crítica favorece à construção de saberes, sem hierarquizá-los e pode ser uma estratégia promissora para o processo de reinvenção da escola.

Além de contribuir para um mundo mais justo e humanizado com seres sociais atuantes e não meros expectadores, o professor também estará trabalhando as competências e habilidades propostas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a qual sugere que os estudantes consigam ler o mundo também pela perspectiva dos conceitos científicos.

2.3 TRABALHOS RELACIONADOS QUE UTILIZAM AS CONCEPÇÕES DE VYGOTSKY E FREIRE

Com a finalidade de responder aos questionamentos que permeiam esse estudo, foi realizada, inicialmente, a análise e seleção de trabalhos que utilizam as concepções de Vygotsky e de Freire nos Anais do Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), bem como em publicações na Revista Brasileira de Ensino de Física (Rev. Bras. Ens. Fis.) e no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), no período de 2015 a 2020. A Tabela 1 apresenta os trabalhos selecionados.

Tabela 1: Trabalhos relacionados ao Ensino de Física publicados nos anais dos eventos ENPEC, SNEF e revistas científicas entre 2015 e 2020.

TÍTULO	AUTOR	LOCAL DE PUBLICAÇÃO	ANO
Abordagem temática freireana no ensino de Ciências/Física: uma experiência no Estágio Supervisionado em Física.	SOUSA, Polliane S. de; SANTO, Luiz H. da S.; REIS, Yasmin A. dos; GEHLEN, Simoni T.	XXI - SNEF	2015
Os usos do celular: uma proposta de abordagem temática na perspectiva freireana.	SAITO, Marcia T.; GIMENES, Kathia S.; SILVA, Rodrigo C. da; RAMOS, Ismael de O; Gurgel, Ivã.	XXI - SNEF	2015
Paulo Freire e ensino de Física: o caráter freireano dos relatos de experiência apresentados do I ao XXI SNEF	Igor Lôbo; Guaracira Gouvêa.	XXII-SNEF	2017
Vygotsky no contexto da pesquisa em ensino de ciências/física: um indicativo da produção brasileira.	Valéria Bonfim Santos , Simoni Törmohlen Gehlen.	XXII-SNEF	2017
Sequência Didática com o uso de um Audiotermômetro Para a Inclusão de Alunos com Deficiência Visual em Aulas de Física.	Marinho, K., Cordova, H., Aguiar, C., Amorim, H., & Santos.	XXIII-SNEF	2019
A interação social em Paulo Freire e Vygotsky como referencial teórico na reflexão sobre as interações discursivas na aprendizagem de Física.	BIRZNEK, Fernando Carvalho; HIGA, Ivanilda.	XI – ENPEC	2017

Relações entre as concepções teóricas de Freire e Vygotsky: um mapeamento bibliográfico no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências– ENPEC.	DE CASTRO MARTINS, Joana Laura et al.	ENPEC	2019
O papel da problematização freireana em aulas de ciências/física: articulações entre a abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação.	SOLINO, Ana Paula; GEHLEN, Simoni Tormöhlen.	Ciências & Educação (Bauru), v 21, n.4	2015
Uma proposta experimental e Tecnológica na perspectiva de Vygotsky para o ensino de física	EVANGELISTA, Fábio Lombardo; CHAVES, Lara Tibolla.	Revista do Professor de Física.(Brasília), v 3, n.1.	2019
Vygotsky na pesquisa em educação em ciências no Brasil: um panorama histórico.	BONFIM, Valéria; SOLINO, Ana Paula; GEHLEN, Simoni Tormöhlen.	Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências v. 18, n 1.	2019
A função do problema: aproximações entre Vygotsky e freire para a educação em ciências.	GEHLEN, Simoni Tormöhlen; DELIZOICOV, Demetrio.	lenci v 25	2020
Peer Instruction e Vygotsky: uma aproximação a partir de uma disciplina de astronomia no ensino superior.	DE PAULA, Jamili; FIGUEIREDO, Newton; DE ALCANTARA FERRAZ, Denise Pereira.	Caderno Brasileiro de Ensino de Física. (Florianópolis, SC) v.37, n.1.	2020

Fonte: Própria (2020).

Analisando os dados coletados na tabela 1 constata-se a importância de trabalhar fundamentado nas concepções de aprendizagens de Vygotsky e Paulo Freire. Primeiro porque os pesquisadores conseguiram resultados positivos e segundo porque existem poucos trabalhos fundamentados nestas teorias.

Os trabalhos que se referenciam em Vygotsky e Paulo Freire apresentam uma linguagem dialética. Nas suas obras, eles consideram o contexto social como essencial para a formação do sujeito. A articulação entre as abordagens destes dois

autores pode ser uma ferramenta poderosa e potencializadora para o ensino de Física.

Segundo Gehlen et al (2008, p. 279),

[...] as ideias de Freire e Vygotsky aproximam-se em três aspectos: a) a valorização do conhecimento cotidiano; b) as semelhanças entre o papel dos especialistas em Freire e dos sujeitos mais capazes em Vygotsky e c) a conscientização; e apresentam distanciamentos em dois: a) na gênese do conhecimento e b) no ponto de partida do processo de aprendizagem. Além do mais, sinaliza-se que a possível complementaridade das ideias dos autores pode enriquecer propostas curriculares para a Educação em Ciências.

Como se pode perceber, para Vygotsky (1998), a educação vai muito além do desenvolvimento das potencialidades individuais. O discente aprende a partir das interações realizadas no contexto histórico e cultural onde vive. A construção do conhecimento deve tomar como referência toda a experiência de vida do estudante.

No pensamento de Paulo Freire, o ato de aprender parte da problematização, que consiste em abordar questões que fazem parte do cotidiano dos educandos. Relacionando os seus conhecimentos com as contradições existenciais no meio histórico e cultural onde vive, o estudante inicia o seu processo de análise crítica sobre a “realidade problema”, para finalmente reconhecer a necessidade de mudanças.

Esses autores trazem como ponto comum a centralização do diálogo na ação pedagógica e foram fortes críticos do ensino puramente mecânico. Para eles, o professor tem o papel de mediador e deve incentivar, criar meios, propor atividades que levem o estudante a pensar.

Dentro deste contexto, o professor pode utilizar aplicações da Física e da Música para oferecer vivências diferenciadas e significativas aos estudantes. Na cultura de todas as civilizações, a Física e a Música sempre estiveram presentes, despertando a curiosidade e o interesse de pensadores, religiosos, filósofos, matemáticos, e outros.

Sabe-se que o filósofo grego Pitágoras (582 - 497 a.C.), que também era matemático, foi o primeiro a fundamentar matematicamente a música. Utilizando experiências com sons do monocórdio, instrumento composto por uma única corda estendida entre dois cavaletes, descobriu as notas e os intervalos musicais. Ele usou os primeiros quatro números inteiros para formar a escala tonal e declarava que “a essência de todas as coisas é o número”. (CARVALHO, 2012).

O ensino da acústica, objeto de investigação e implementação deste Produto Educacional (PE), que envolve os instrumentos musicais violão e cavaquinho, delineia-se como recurso didático dinâmico, contextualizado, que aproxima a Física e a Música da realidade do estudante, favorecendo a interdisciplinaridade.

2.4 A INTERDISCIPLINARIDADE FÍSICA - MÚSICA

Na literatura científica, alguns trabalhos mostram que as maiores dificuldades de aprendizagem no ensino de Física são oriundas da forma como essa disciplina é ensinada na escola, com base no modelo tradicional, no qual se apresenta o conceito, seguido de exemplificações e numerosos exercícios de fixação (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007).

No ensino médio, os jovens tendem a ser mais questionadores, emitindo perguntas que extrapolam os conteúdos tradicionais, demonstrando, inclusive, relutância em relação a alguma disciplina, pela falta de compreensão de sua aplicação no dia a dia. Por isso, as aulas precisam dar sentido e aplicabilidade ao conteúdo.

Nesta perspectiva, é necessário construir uma prática pedagógica interdisciplinar que evidencie a contextualização e a interação, levando o estudante a consolidar os conhecimentos adquiridos de forma não fragmentada (OLIVEIRA, 2016).

Segundo Libâneo (2005, p. 38) há muitas interpretações para o termo interdisciplinaridade, porém poder-se defini-la “numa perspectiva epistemológica – integração entre os saberes contra a fragmentação disciplinar – e numa perspectiva instrumental – busca de um saber útil, aplicado, para enfrentamento de problemas e dilemas concretos.”

A prática interdisciplinar surgiu na Europa, no início da década de 1960, num período marcado pelos movimentos estudantis que solicitava um novo estatuto para as escolas e universidades (FAZENDA, 1994, p. 18).

No Brasil, a interdisciplinaridade foi abordada a partir da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) Nº 5.692, de 11 de agosto de 1971, entretanto, não se percebia sua aplicabilidade na prática educacional. O processo de formação ocorria por meio de matérias específicas, não havendo integração de conhecimento entre os docentes.

Apenas com a nova LDB Nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDBN) e com os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (BRASIL, 2000) que a interdisciplinaridade se tornou mais presente no âmbito escolar.

A LDB/1996, diferentemente, não preocupou-se em como o currículo e os docentes se adaptariam às novas exigências. O Art. 1º afirma que a educação escolar deve estar vinculada ao trabalho e à prática social em todas as manifestações escolares. Nos artigos 35 e 36, a Lei, explicitamente, esclarece que o currículo deve estar voltado para competências e não para conteúdos, os quais se concebem como meios e não como fins em si mesmos.

De acordo com os novos PCNs (BRASIL, 2002), interdisciplinaridade é uma proposta educacional que contribui para o aprendizado do estudante, cujos conteúdos específicos de uma disciplina podem ser trabalhados de forma conjunta com outras áreas de conhecimento. A parceria entre o corpo docente precisa ser constante.

Vale ressaltar que algumas disciplinas se identificam e, de forma natural, se aproximam, enquanto outras se diferenciam. Estruturar um currículo por áreas de conhecimento, significa colocá-las em diálogo permanente, conforme as afinidades entre elas e os objetivos de aprendizagem. No entanto, para unificar essa demanda é importante preparar o professor para essa nova prática, explicitada por Piaget, (1988, p. 25), no seu livro *Para onde vai a educação?*

A preparação do professor constitui a questão primordial de todas as reformas pedagógicas, pois enquanto não for resolvida de forma satisfatória, será totalmente inútil organizar belos programas ou construir belas teorias a respeito do que deveria ser realizado [...]

Um projeto de trabalho ou de estudo, por exemplo, são formas interessantes de associar conhecimento, promovendo, assim, a interdisciplinaridade. Associar Matemática, Física, Artes, linguagem oral e escrita pode deixar o projeto mais motivador. É importante partir de temas que se relacionem ao interesse dos estudantes no dia a dia.

O exemplo do projeto é interessante para mostrar que a interdisciplinaridade não dilui as disciplinas, ao contrário, mantém sua individualidade. Mas integra as disciplinas a partir da

compreensão de múltiplas causas ou fatores que intervêm sobre a realidade e trabalha todas as linguagens necessárias para a constituição de conhecimentos, comunicação e negociação de significados e registro sistemático de resultados. (BRASIL, 2002, p. 89).

Considerando esta proposição, traçar um planejamento interdisciplinar para realizar um projeto entre duas ou mais disciplinas, é relacionar seus conteúdos para aprofundar o conhecimento e levar dinâmica ao ensino. Nesse sentido, é necessário um “eixo integrador”, como enfatizam Grillo e Brandão (2016, p. 66):

A interdisciplinaridade é a palavra-chave para a educação básica. Através dela várias disciplinas são interligadas proporcionando uma melhor compreensão dos fenômenos que acontecem diariamente. A Música pode ser usada para fazer a ligação entre as diversas disciplinas ensinadas no ensino médio como, por exemplo, a Matemática, a História, a Filosofia e a Física.

Paulo Freire, o mais célebre educador brasileiro, enfatiza que o processo de construção do conhecimento precisa ter como ponto de partida a realidade social e cultural dos nossos estudantes. Neste viés, a interdisciplinaridade é estabelecida como requisito fundamental para a formação de uma visão social crítica da realidade (COSTA; LOUREIRO, 2017).

Em consonância com a ideia desses autores, muitos professores atualmente estão adotando a prática da interdisciplinaridade no ensino médio, na tentativa de superar obstáculo de aprendizagem, promovendo a conexão entre as áreas do conhecimento e as experiências dos estudantes.

O tema proposto nesta pesquisa que trata da relação entre a Física e a Música concebe a importância da Interdisciplinaridade como uma forma de integrar conceitos dessas duas esferas de conhecimento. Física é Ciências, e Música é arte, ambas se completam, constituindo um fator motivador para o aprendizado. Dentro deste contexto, introduzir diferentes conteúdos através de atividades interdisciplinares cria oportunidades para que o estudante observe, investigue, perceba, aprenda, compare e relacione os assuntos estudados.

2.5 A FÍSICA E OS INSTRUMENTOS MUSICAIS

A Física e a Música estão presentes no nosso cotidiano, no entanto, apesar de terem ligação, a Física e a Música, muitas vezes, são estudadas de maneira separadas. O primeiro registro histórico dessa relação foi o experimento do monocórdio, que associa o comprimento da corda com os intervalos musicais.

Antes do renascimento, muitos cientistas estudaram a relação entre a matemática e a música, tais como Gioseffo Zarlino, Benedetti, Galileu Galilei, entre outros (CAMPOS, 2009). No entanto, apenas no século XVII, depois do desenvolvimento da teoria ondulatória com Huygens (1629-1695) essa relação ficou mais explícita e fortaleceu-se no início séc. XIX, criou uma ferramenta matemática para estudar fenômenos periódicos, conhecida como série de Fourier. Hoje, as percepções e análises dos timbres dos instrumentos musicais podem ser feitas facilmente através da espectroscopia sonora, utilizando as séries de Fourier. A série harmônica e a escala natural são também estudadas com a mesma ferramenta matemática (GRILLO; BRANDÃO, 2016).

2.5.1 Física e Instrumentos Musicais: Campo educacional

Atualmente, no campo educacional tem se tornado rotineiro o uso de instrumentos musicais como estratégia e instrumento didático-pedagógico nos processos de ensino e aprendizagem de acústica (HUMMELGEN, 1996), é um ramo da Física que enfrenta grandes obstáculos no ensino médio, além de os estudantes considerarem uma disciplina difícil, ela é estudada sem conexão com o nosso cotidiano.

Krummenauer, Pasqualetto e Costa (2009) propõem uma abordagem do ensino de Física por meio de instrumentos musicais, buscando relacionar os conhecimentos prévios dos discentes com o conhecimento científico. Este trabalho foi desenvolvido numa escola do Ensino Médio no Rio Grande do Sul (RS). Para fundamentar essa pesquisa os autores utilizaram a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, utilizando, sobretudo, os subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos aprendizes. Foi constatado que a utilização de um tema conhecido dos estudantes como ponto de partida é eficaz como motivação para o ensino da acústica.

Na expectativa de contribuir para a melhoria do ensino de Física, Lago (2015) explora a utilização da guitarra como instrumento para o ensino de física ondulatória.

Ele propôs a utilização desse instrumento para demonstrar as características acústicas de altura, intensidade e timbre e utilizou diversos conceitos musicais, como escalas, intervalos e notas musicais, construindo assim uma relação do instrumento musical com esses conceitos físicos. Ele verificou que quase todos os seus alunos têm interesse em música e que a utilização deste recurso ajudou a assimilar os conceitos físicos apresentados em sala de aula e aproximar os estudantes ao conhecimento científico.

No trabalho de Silva (2017), é apresentada uma experiência com instrumentos musicais de corda, sopro e percussão para dar significado à produção dos sons por diversas fontes sonoras, buscando dar sentido e aplicabilidade ao estudo de ondulatória, especialmente a acústica. Para fundamentar o seu trabalho, o autor baseia-se nas teorias de Vygotsky (1991) e Bakhtin (2014), fazendo uso ainda de ferramenta de análise e planejamento de ensino proposta por Mortimer e Scott. (2002). O autor ainda fez uso de aulas experimentais no laboratório com o uso do software *Spectrogram* (gratuito, porém não é livre). Ele confirma a importância de se trabalhar a interdisciplinaridade e mostra que os resultados foram positivos. O estudante se tornou protagonista do seu aprendizado.

Na pesquisa desenvolvida por Gama (2006), o autor aprofundou-se no processo de elaboração de um curso de Física e Música para os estudantes de Ensino Médio, no formato de Ensino a Distância (EaD). O trabalho foi totalmente fundamentado na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel. Em sua metodologia, o autor elaborou um curso online para estudantes, relacionando a Física e a Música. O curso funcionou como um kit de experimentos, que teve como objetivo dar ênfase às linguagens e organização de conteúdos relacionados à Física de forma contextualizada, tendo como ferramenta para complementar o seu produto a rede mundial de computadores (Internet) ou através de *CD (Compact Disc)*, um microcomputador capaz de reproduzir sons. O curso final apresentou-se em formato html, para visualização em qualquer navegador de WWW da Internet, *on-line* (através da hospedagem do material em um sítio da rede) ou *off-line* (com a utilização de *CD* com o material do curso). O autor também realizou uma oficina presencial para dar ênfase ao estudo da acústica.

O trabalho de Pereira (2010) apontou diversas perspectivas entre a acústica musical e o ensino, dando ênfase à relação entre a Física e a Música. A fundamentação teórica foi baseada no projeto epistemológico de Thomas Kuhn (A

estrutura das revoluções científicas, 1978) e nos textos de Gaston Bachelard (1996) e Karl Popper (1975). A metodologia elaborada pelo autor tem início com a aplicação de um questionário, que busca a compreensão da série harmônica. Vale ressaltar que esse pesquisador com o desejo de inovar apresentou as questões em painéis, além de contar com outros meios de ensino como *softwares* e experimentos. Um dos experimentos realizado foi com o monocórdio, explorando as razões, intervalos musicais e a sistematização matemática da escala. Também foi proposta a construção de instrumentos musicais, como por exemplo, os tubos sonoros, flautas de cano de *PVC*, instrumentos de corda e percussão. Para implementar o seu produto educacional realizou entrevistas com músicos, leitura de textos históricos e a construção de diálogos fictícios. De acordo com o autor, a grande relevância do trabalho por cooperar de maneira consistente no estudo da acústica musical, bem como possibilitar, a partir de uma abordagem interdisciplinar, dando oportunidade para explorar a ciência em outras áreas.

Na publicação feita pelo autor Lima (2018), o pesquisador utilizou o violão como uma ferramenta didática dentro de um organizador prévio e da organização sequencial, procurando despertar nos estudantes a predisposição em aprender. Para fundamentar sua pesquisa o autor se baseou na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (teórico educacional); na filosofia da ciência de *Paul Feyerabend* (teórico epistemológico), cuja obra principal é chamada “Contra o Método” (1989) que enfatiza que os métodos científicos são inconsistentes em fornecer regras para a orientação do trabalho dos cientistas (DAMASIO; PEDUZZI, 2015); e nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (metodológico). Em relação à metodologia aplicada em seu trabalho, o pesquisador dividiu-a em etapas, sendo elas: revisão bibliográfica; planejamento da elaboração do material instrucional; aplicação da sequência didática de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), construção de uma página na rede mundial de computadores para reunir os materiais elaborados para alunos e professores e, por fim, a análise dos dados. Vale ressaltar que a implementação foi uma das etapas mais importantes, pois ao passo que as aulas eram ministradas, foi possível coletar dados com a utilização de diários de bordo, juntamente com as atividades dos roteiros experimentais, avaliações e questionários.

Em se tratando do ensino da Física, uma das vantagens da música como recurso didático-pedagógico implica justamente no fato de esta aliar aspectos

lúdicos e cognitivos, possibilitando maior participação e interação entre professor-estudante e estudante-objeto. A esse respeito, Oliveira, Rocha e Francisco (2008, p. 2) reafirma:

A utilização da música pode ser entendida como uma atividade lúdica no processo educativo que, além de proporcionar o aumento de um conhecimento específico, funciona, ainda, como um elemento de aprendizagem cultural que também estimula a sensibilidade, a reflexão sobre valores, padrões e regras.

Analisando a proposição do autor acima referenciado, ressalta-se que esta proposta didática, possibilita a estudantes e professores, estabelecer relações interdisciplinares associando conhecimentos prévios a conhecimentos científicos, além de ultrapassar a barreira da educação formal, constituindo-se em atividade essencialmente cultural.

Diante destes trabalhos supracitados, podemos concluir que a escola é um local de interação, onde professores e estudantes aprendem uns com os outros, promovendo a construção do conhecimento.

3 PRINCÍPIOS BÁSICOS DA FÍSICA ONDULATÓRIA APLICADA A CORDAS

Todos os instrumentos musicais seguem a mesma lógica de funcionamento, no entanto, cada um possui suas particularidades, como o violão e o cavaquinho, por exemplo, cujo som é produzido através da vibração de suas cordas. Portanto, para tratar o comportamento do violão e do cavaquinho utiliza-se a teoria das cordas vibrantes.

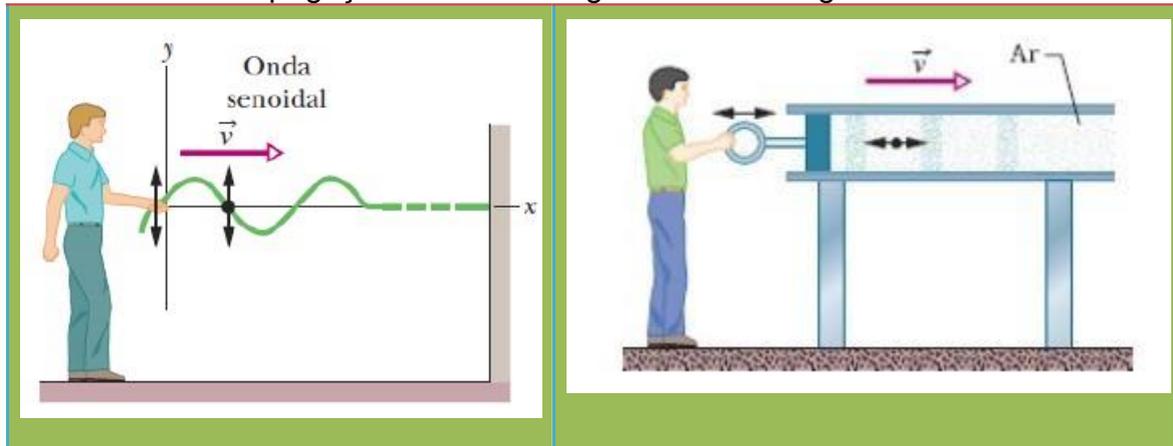
3.1 Modelo Teorico

Pode-se definir o som como uma onda mecânica (que precisa de um meio material para se propagar) que se propaga a partir da vibração gerada nas moléculas do material que compõe o meio de propagação, capaz de ser detectada pelo ouvido humano. Essa onda é governada pelas Leis de Newton.

Uma característica importante do movimento ondulatório é o transporte de energia sem a transposição de matéria. Nesta propagação, os átomos individuais e as moléculas oscilam em torno das suas posições de equilíbrio, numa vibração localizada. À medida que elas interagem com os vizinhos, transferem parte da energia para eles, que, por sua vez, a enviam aos próximos vizinhos e assim sucessivamente (CAVALCANTE; PEÇANHA; TEIXEIRA, 2013, p. 2).

As ondas que se propagam numa corda esticada são chamadas de ondas mecânicas transversais, pois a vibração das cristas do meio dá-se em uma direção perpendicular à direção de propagação da onda (Figura A3.1). Quando as partículas do meio oscilam na direção de propagação da onda são chamadas de ondas longitudinais, demonstradas na Figura B3.1. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 93-94).

Figura 3.1(A) Propagação de ondas transversais ao longo da corda esticada. **(B)** Propagação de ondas longitudinais ao longo do tubo.



Fonte: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 93-94).

3.2 ONDAS HARMÔNICAS

A onda sonora mais simples é conhecida como onda harmônica ou senoidal, gerada, por exemplo, numa corda movendo-se uma de suas extremidades para cima e para baixo com movimentos harmônicos simples.

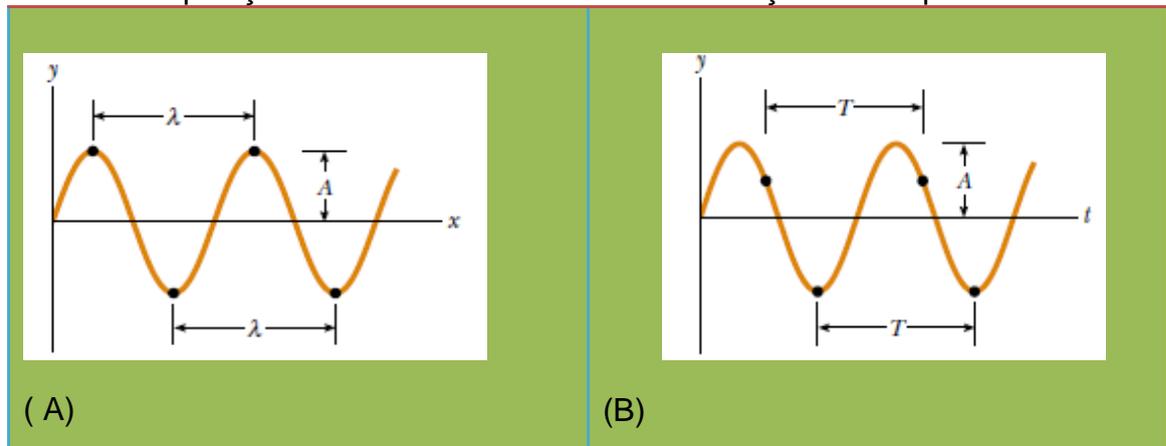
A Figura 3.2 mostra a representação gráfica da propagação de uma onda senoidal em uma corda. Os pontos mais altos da Figura A3.2 em relação à posição da corda em repouso são chamados cristas da onda. Os pontos mais baixos formam os vales. A distância entre duas partículas consecutivas na mesma fase de vibração é chamada comprimento de onda (λ), como afirma Serway e Jewerr Jr (2014). De forma geral, o comprimento de onda é a distância que a onda senoidal se repete (Figura A3.2) e o tempo para a onda percorrer um comprimento de onda é um período T , como mostrado na Figura B3.2.

A mesma informação pode ser dada pelo inverso do período, que é chamado de frequência (f):

$$f = \frac{1}{T} \quad (3.1)$$

A frequência de uma onda periódica é o número de oscilações por unidade de tempo, cuja unidade no sistema internacional é o hertz (Hz). A distância da posição da corda em repouso a uma crista ou a um vale é chamada de amplitude A da onda (Figura A3.2).

FIGURA 3.2: (A) Propagação de uma onda senoidal no instante $t=0$. (B) posição de um elemento do meio em função do tempo.



Fonte: (SERWAY; JEWERR JR, 2014).

A Figura A3.2 mostra a posição da onda em $t = 0$. Como a onda é senoidal, sua função pode ser descrita pela função seno ou cosseno. Portanto, para $t = 0$ tem-se (SERWAY; JEWERR JR, 2014, p.34):

$$y(x, 0) = A \text{sen}(ax) \quad (3.2)$$

Onde A é a amplitude, e a , a constante a ser determinada. Pode-se observar na Figura A3.2 que y é zero para $x = 0$ e o próximo valor de x para o qual y é zero é $x = \lambda / 2$. Portanto,

$$y\left(\frac{\lambda}{2}, 0\right) = A \text{sen}\left(a \frac{\lambda}{2}\right) = 0 \quad (3.3)$$

Para essa expressão ser verdadeira, deve-se ter $a\lambda/2 = \pi$, ou $a = 2\pi/\lambda$, assim:

$$y(x, 0) = A \text{sen}\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) \quad (3.4)$$

Considerando que a onda propaga-se com velocidade v para a direita, num intervalo de tempo Δt ela se desloca $\Delta x = vt$, assim a função de onda num dado tempo t , torna-se:

$$y(x, t) = A \operatorname{sen} \left[\frac{2\pi}{\lambda} (x - vt) \right] \quad (3.5)$$

Como se pode observar, a onda se move um comprimento de onda em um período,

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} \quad (3.6)$$

Sabendo que a frequência é o inverso do período, pode-se reescrever a equação 3.6 como:

$$v = \lambda f \quad (3.7)$$

Substituindo a equação 3.6 pela equação 3.5 tem-se:

$$y(x, t) = A \operatorname{sen} \left[2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right) \right] \quad (3.8)$$

Onde $2\pi/\lambda$ é número de onda k e a $2\pi/T$ é frequência angular ω .

$$y(x, t) = A \operatorname{sen}[kx - \omega t] \quad (3.9)$$

Os sons que são gerados pelos instrumentos musicais, segundo Monteiro Júnior (2010) também podem ser identificados como funções seno e cosseno, quando puras, ou como superposição dessas funções.

3.2 INTERFERÊNCIA E ONDAS ESTACIONÁRIAS

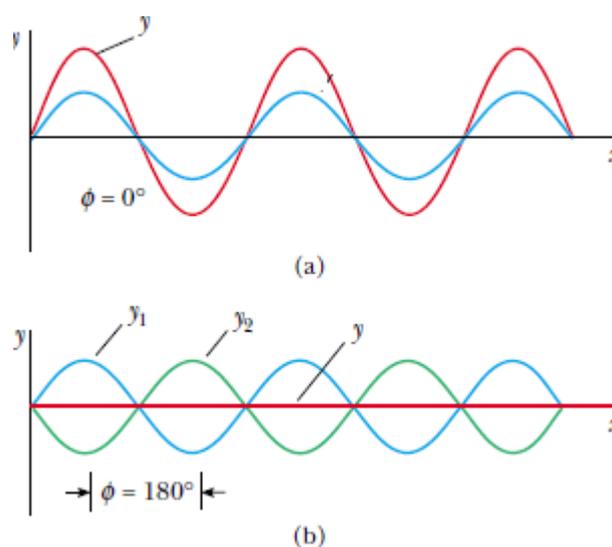
Como se percebe, uma característica básica das ondas é o transporte de energia sem transporte de matéria. Desta forma, pode-se dizer que pelo fato de as ondas não serem corpos em movimento, mas perturbações que se propagam, elas podem atravessar a mesma região do espaço ao mesmo tempo. Este fenômeno é chamado de superposição de ondas, ou de interferência de ondas.

Sendo assim, pode-se dizer que quando duas ou mais ondas passam pela mesma região ao mesmo tempo, ocorre o fenômeno da *interferência*, ou seja,

somam-se algebricamente para produzir uma onda resultante. Tem-se, assim, dois tipos de interferências: a *construtiva* e a *destrutiva*.

Quando as ondas estão em fase, ou seja, os picos e os vales estão exatamente alinhados um com o outro, a onda resultante produzida terá o dobro do deslocamento produzido por apenas uma onda, ou seja, a amplitude da onda resultante é igual à soma das amplitudes de cada onda original. Ter-se-á, então, uma interferência construtiva (Figura A3.3). Caso contrário, acontece a interferência destrutiva e as amplitudes das ondas serão subtraídas. Pode até ocorrer cancelamento completo das ondas, se elas forem idênticas e estiverem totalmente fora de fase (Figura B3.3), ou seja, os máximos de uma onda estiverem exatamente alinhados com os mínimos da outra (CAVALCANTE; PEÇANHA; TEIXEIRA, 2013).

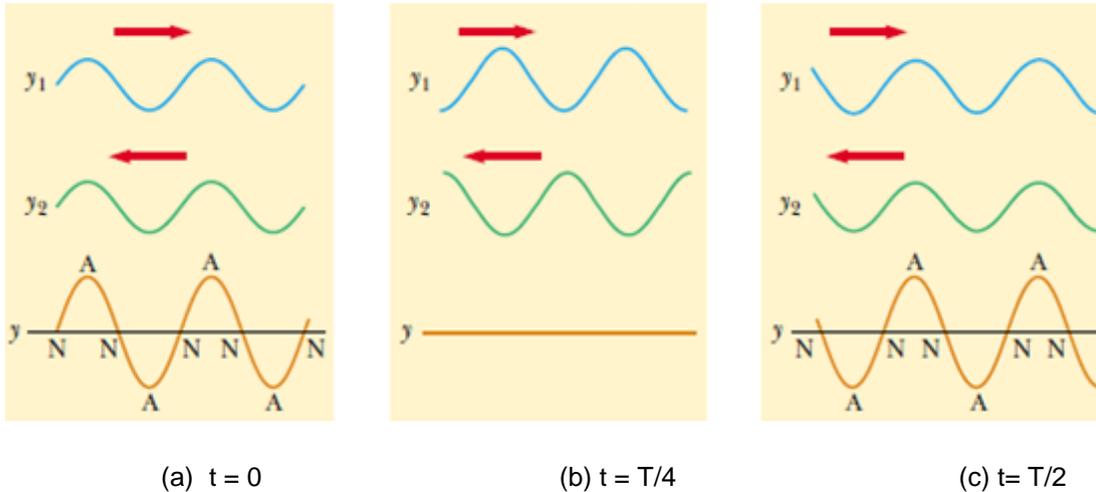
Figura 3.3: (A) interferência construtiva; (B) interferência destrutiva.



Fonte: (SERWAY; JEWERR JR, 2014).

Uma onda sonora pode ser progressiva quando a configuração da onda se desloca de um lugar para outro, ou estacionária quando se forma pela interferência de ondas idênticas que se propagam em sentidos opostos. A configuração da onda estacionária não muda com o tempo. Os pontos que permanecem imóveis são chamados de nós (N). Os pontos onde a onda oscila com o máximo de amplitude são chamados de antinós (A), como mostra a Figura 3.4.

Figura 3.4: Padrões de ondas estacionárias produzidos em diversos instantes por duas ondas progressivas se propagando em direções opostas.

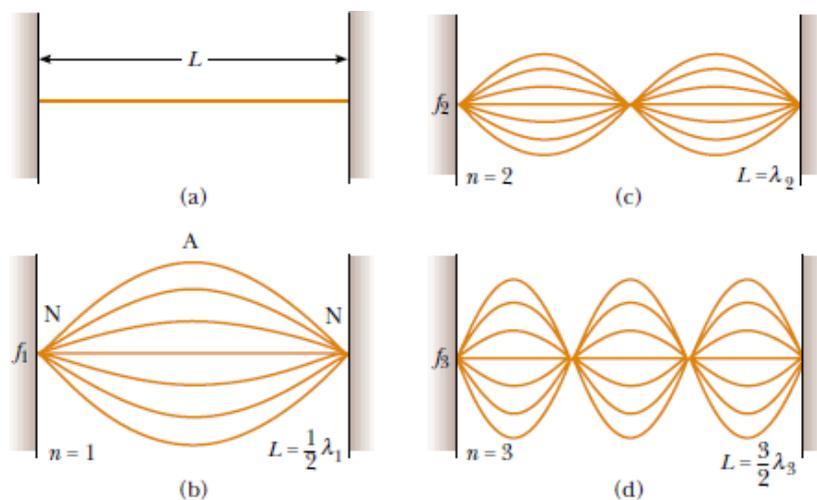


Fonte: (SERWAY; JEWERR JR, 2014).

A compreensão da teoria das ondas estacionárias é indispensável para o entendimento do funcionamento do violão e do cavaquinho, pois para produzir um som contínuo, como o que é produzido por um instrumento musical, é necessário que a onda sonora criada seja estacionária. Quando se ouvem as notas musicais, são captadas as diversas frequências emitidas, chamadas de harmônicos.

Tanto no violão quanto no cavaquinho, as ondas estacionárias são geradas em cordas com extremidades fixas, desse modo é possível relacionar o comprimento da corda aos harmônicos que nela podem ser produzidos. Para demonstrar essa relação, considera-se a Figura 3.5. Quando a corda vibra produz ondas transversais que, superpondo-se às refletidas nas extremidades, formam uma onda estacionária.

Figura 3.5: Modos de vibração da corda.



Fonte: (SERWAY; JEWERR JR, 2014).

Para gerar uma onda estacionária numa corda com extremidade fixa, a corda precisa vibrar em determinadas frequências chamadas de modos normais de vibração da corda, ou harmônicos, cujo modo fundamental é aquele no qual a corda vibra entre as extremidades de fixação da corda e um ponto médio (Figura B3.5). O segundo modo de vibração corresponde aos nós das extremidades e a um nó no ponto central (Figura C3.5) e assim sucessivamente. Cada um desses modos é representado por um número correspondente ao número de ventres (máximos de vibração) observados. Assim, o primeiro modo de vibração possui $n = 1$, o segundo, $n = 2$ e assim indefinidamente.

A distância entre dois nós consecutivos corresponde a meio comprimento de onda ($\lambda/2$), de modo que o comprimento da corda (L) deve ser igual a:

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad n = (1, 2, 3 \dots) \quad 2, 3) \quad (3.10)$$

A velocidade desta pode ser definida (HALLIDAY, 2016, p.126) como segue:

$$v = \lambda f = \frac{2Lf}{n} \quad (3.11)$$

Sendo assim, as frequências de ressonância podem ser escritas como

$$f_{n=\frac{nv}{2L}} \quad (3.12)$$

Sabe-se que através da equação de Taylor, pode-se calcular a velocidade da onda (v) transversal numa corda, que está relacionada à tensão aplicada (T) e à densidade linear da corda (μ), conforme Grillo e Brandão (2016, p. 72):

$$v = \sqrt{T/\mu} \quad (3.13)$$

Onde $\mu = m/L$ é a densidade linear da corda e L é o comprimento da corda. Assim, pode-se reescrever a equação 3.12 como:

$$f = \frac{nv}{2L} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow f_n^2 = \frac{n^2 T}{4L^2 \mu} \quad (3.14)$$

Cada frequência é um modo de vibração e todos os modos são múltiplos inteiros da frequência fundamental. Desse modo, o termo fundamental é o TOM e os

termos seguintes são os SOBRETONS (HÜMMELGEN, 1996).

Pode-se observar na equação 3.14 que as frequências nas quais a ressonância é observada dependem de vários parâmetros da corda, como, da densidade linear, da tensão a que elas estão submetidas e do seu comprimento linear. No violão as cordas são de mesmo tamanho, de diferentes densidades lineares e podem variar a tensão apertando ou afrouxando as tarraxas. Isso significa que se pode alterar a altura das notas e sua afinação ao variar qualquer um desses parâmetros: se duas cordas possuem a mesma densidade e comprimento a que sofrer maior tensão produzirá notas mais agudas.

3.2 Grandezas Musicais e Grandezas Físicas

Pode-se caracterizar o som também por meio de grandezas físicas. Listam-se algumas que podem ser exploradas tanto no cavaquinho como no violão, na Tabela 2, elaborada pela autora desta pesquisa, apresenta estas definições com base no texto de Silva e Miltão: O fenômeno acústico e o ensino médio: utilização de instrumentos musicais como incentivo para o ensino de acústica: o caso do cavaquinho (2015).

Tabela 2: grandezas músicas e grandezas físicas

Grandezas Musicais	Grandezas Físicas
Melodia	É a propriedade sonora que significa uma sucessão linear (não simultânea) de frequências perceptíveis como uma entidade única.
Harmonia	É a propriedade sonora que significa uma emissão simultânea de diferentes notas. A nota musical é caracterizada por possuir uma série harmônica, ou seja, a frequência fundamental, seguida dos harmônicos superiores. Logo, numa única nota, já existe a emissão simultânea de diferentes frequências.
Ritmo	Ritmo é a propriedade sonora que representa um padrão de regularidade estabelecido para a Harmonia e a Melodia, instituindo uma Duração relativa para uma Nota Musical.

Nota Musical	É a propriedade sonora que representa o elemento mínimo de um som, formado pela superposição de uma frequência fundamental e dos harmônicos superiores.
Tom	É a propriedade sonora que representa a distância entre dois sustenidos ou entre dois bemóis e o semitom é a distância de um sustenido ou de um bemol.
Timbre	É a qualidade psicofisiológica do sistema auditivo que nos permite distinguir dois sons complexos de mesma magnitude e com a mesma frequência fundamental, mas que possam diferir em uma ou mais características físicas, como série harmônica, espectro sonoro, ou outras temporais, como o ataque e o decaimento (MONTEIRO JUNIOR, 2012).
Altura (Pitch = Assomo)	É a propriedade sonora relacionada com a frequência de uma nota musical, i.e., é a qualidade de um som 'ser produzido' (assomar, principiar a manifestar-se) pela taxa de vibrações existentes, permitindo definir se uma nota musical é Grave (baixa), Média ou Aguda (alta), a depender de sua frequência fundamental; quanto menor a frequência, mais grave é a nota e quanto maior a frequência, mais aguda é a nota.
Intensidade	É a propriedade sonora relacionada com a amplitude de uma onda, propiciando o atributo perceptual do Volume (Loudness) sonoro (MATHER, 2006).

Fonte: Adaptada de SILVA (2015).

Definido o modelo teórico e algumas grandezas físicas que caracterizam o som pode-se descrever musicalmente o violão e cavaquinho.

3.3 O VIOLÃO

O violão, nome brasileiro dado ao instrumento conhecido como guitarra acústica clássica, é um dos instrumentos musicais mais populares na música contemporânea e nas igrejas. Sua praticidade e autonomia permitem que seja utilizado nas mais diversas situações sem depender de recursos como amplificador ou energia elétrica. Seu tamanho e peso também facilitam o transporte, para que possa ser conduzido facilmente para onde quer que o músico deseje.

O violão é um instrumento que pertence à família dos cordofones, pois ele traz na sua estrutura uma ou mais cordas esticadas entre pontos fixos. Basicamente, existem dois tipos de violão: com cordas de náilon ou aço.

Segundo Taborda (2011 p. 57):

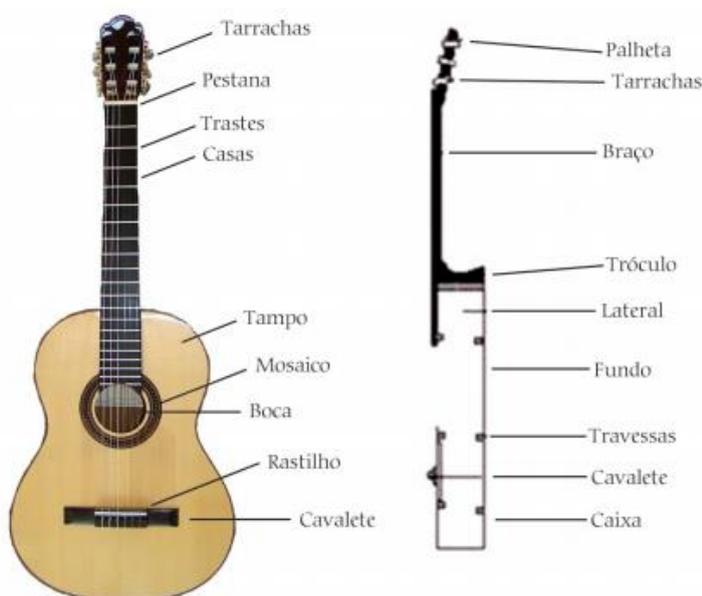
O violão como conhecemos nos dias atuais, começou a tomar forma na passagem do século XVII para o século XIX nesse período se padronizou as dimensões utilizadas até os dias atuais. Foram estabelecidas técnicas de execução que permanecem até hoje vigentes. Com isso, métodos para tocar o instrumento foram se espalhando o que de certa forma acabou vulgarizando, entre os músicos, não apenas a correta forma que se deveria sustentar o violão, mas também a postura dos braços, das mãos e as várias maneiras de dedilhar as cordas com os dedos da mão direita.

Como afirma o autor acima referenciado, o violão começou a tomar formato entre os séculos XVII e XIX, hoje o violão pode ter de seis a mais cordas. De forma geral, o violão é construído de três partes:

- (i) O corpo.
- (ii) O braço.
- (iii) A cabeça.

Na Figura 3.6, pode-se ver que o violão possui peças específicas e imprescindíveis na constituição do instrumento, que são descritos na Tabela:

Figura 3.6: As partes do Violão.



Fonte: Violão Mandriao, (2019).

Tabela 3: Descrição das partes que compõem o violão.

VIOLÃO	PEÇAS ESPECÍFICAS
Corpo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ O Tampo: é o corpo do violão, no qual a sonoridade varia de acordo com o tamanho, formato ou madeira utilizada na confecção do instrumento. ➤ O Corpo: a caixa é um mecanismo de transmissão das vibrações mais eficiente do que a corda. ➤ O Rastilho e a Pestana: são terminais que determinam a parte útil da corda, ou seja, os limites de vibração da corda. ➤ O Cavalete: é o suporte para prender o rastilho na altura correta. É a parte que recebe as vibrações do rastilho e transmite essas vibrações para o tampo do violão e também o suporte das cordas e do próprio rastilho. ➤ A Boca: é responsável pela projeção do som que se propaga através deste orifício que fica no corpo do violão. Como o interior do violão é oco, a boca permitirá que o som produzido pelas cordas entre e se espalhe pelo instrumento e pelo ambiente. ➤ As Cordas: local onde são produzidas as notas musicais. A formação do som é feita a partir da casa pressionada no braço do instrumento.
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Trastes: responsável pela divisão do braço do instrumento em casas, demonstrando a altura correta das notas. ➤ Casas: onde se localizam as notas musicais.
Braço	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Trastes: responsável pela divisão do braço do instrumento em casas, demonstrando a altura correta das notas. ➤ Casas: onde se localizam as notas musicais.
Cabeça	<ul style="list-style-type: none"> ➤ As Tarraxas: permite o alcance da afinação correta, afrouxando ou apertando as cordas. ➤ A Cabeça (mão): suporta o mecanismo das Tarraxas. Também chamada de <i>headstock</i>, a mão é a parte de cima do violão. É por ali que, geralmente, é gravada a marca do instrumento.

Fonte: Própria (2020).

O violão é um instrumento com funcionamento peculiar que facilmente pode ser explicado pelas leis da Física (GRILLO; BRANDÃO, 2016). Vale salientar que na opinião de Rossing (1990), o violão contribui de forma excepcional na Acústica, sendo um instrumento bastante recorrido para realização de experimentos.

A versão mais popular desse instrumento musical possui seis cordas afinadas com as notas mostradas na tabela 4, dispostas da mais grossa para a mais fina. As três cordas grossas, que ficam na parte superior do braço do violão, quando dedilhadas propagam um som mais graves; já as três cordas mais finas, que ficam na parte inferior, propagam um som mais agudos.

Tabela 4: Notas musicais, cordas e frequências do violão

Notas	Cordas	Frequências
MI - E ₂	6 ^a	82,407 Hz
LÁ - A ₂	5 ^a	110,00 Hz
RE - D ₂	4 ^a	146,832 Hz
SOL - G ₃	3 ^a	195,998 Hz
SI - B ₃	2 ^a	246,942 Hz
MI - E ₄	1 ^a	329,628 Hz

Fonte: Própria (2020).

A afinação convencional das cordas do violão são mi, si, sol, ré, lá, mi (E,A,D,G,B,E) Observa-se na Tabela 4, que os valores das notas são uma progressão geométrica cuja razão é um número irracional. As frequências das notas musicais crescem exponencialmente, e, a cada extensão de uma oitava, a frequência dobra. Percebe-se que a nota MI se repete duas vezes, na primeira corda e na sexta corda, mas existe uma diferença entre elas. Quando mais aguda é uma nota, maior a sua frequência, isto é, o caso da nota MI na 1^a corda, e quando mais grave uma nota, menor sua frequência, a 6^a corda MI. As casas do violão são contadas da esquerda para a direita, da cabeça ao corpo do violão, conforme se observa na Figura 3.7.

Figura 3.7: Notas e cordas do violão.



Fonte: Partitura de Musica (2019).

Os instrumentos de cordas são normalmente afinados através do ajuste de tensão ou, às vezes, da extensão da vibração sonora de cada corda (SADIE, 1994).

Para se iniciar o processo de dedilhar o violão é necessário, preliminarmente, afinar as cordas, ou seja, encontrar a tensão que produza a frequência da nota desejada (Tabela 3), como se vê na equação 3.14. Tal procedimento é feito por meio das tarraxas do violão que permitem afrouxar ou apertar as cordas. A frequência de cada nota pode ser dada pelo inverso do valor do comprimento da corda, o que significa dizer que, quanto maior o comprimento da corda, menor será a frequência do som produzido por ela. Portanto, diminuindo mais a corda, a frequência de vibração fica mais alta e o som mais agudo.

Logo, para afinar o violão é necessário um som de referência, no caso, a nota Lá gerada através de um instrumento acústico que emite a nota em 440 Hertz, isto porque, toda vez que essa frequência dobra ou cai pela metade a oitava sobe ou desce, que deve ser o som da 5ª corda solta. Após igualar o som do afinador com o da 5ª corda, pode-se afinar as outras.

Na concepção de Monteiro Júnior (2012, p.19), deve-se considerar:

O primeiro harmônico da série é chamado de fundamental, o qual determina a frequência e a altura da nota musical. Assim, quando nos referimos a uma nota musical emitida, por exemplo, por um violão, cuja frequência seja de 440 Hz, devemos entender que esta frequência é a do modo fundamental, do primeiro harmônico. Quando tocamos, por exemplo, a corda de um violão, ela vibra fundamentalmente em toda a sua extensão, produzindo um harmônico fundamental cujo comprimento de onda é igual ao dobro do comprimento da corda. Contudo, pode vibrar, ao mesmo tempo, no segundo modo normal, no terceiro, e assim sucessivamente, com frequências que são, respectivamente, iguais a $2f$, $3f$ e, assim, sucessivamente. Esse conjunto de parciais compõe a série harmônica desta corda do violão. Por exemplo, se tocamos a 6ª corda solta, tangendo-a próximo ao rastilho, a maior parte dos harmônicos serão exibidos. Sendo seu comprimento “ l ”, e o comprimento de onda e a frequência de vibração “ f ”, os seis principais da série harmônica.

Então, conclui-se que para afinar o instrumento deve-se “tomar como base a afinação mais utilizada, ou seja, 1ª corda E (mais fina e mais aguda de todas), 2ª corda B, 3ª corda G, 4ª corda D, 5ª corda A e 6ª corda E (mais espessa e mais grave de todas)” (MONTEIRO JÚNIOR, 2012 p. 29).

Nesse sentido, a partir da frequência e das vibrações afinam-se os instrumentos, considerando os parâmetros de afinação e tudo acontece de forma

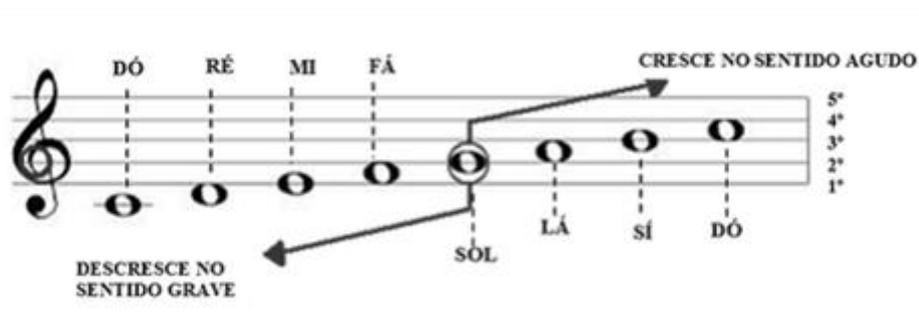
muito prática. O instrumento muito bem afinado só tende a melhorar o seu som produzido e/ou emitido.

Para dar ênfase ao assunto Freire (2016, p. 2) acrescenta que:

As práticas de afinação ocorrem a partir da definição de parâmetros de afinação que orientam todo o processo [.] parâmetro de afinação presente na estrutura de afinadores eletrônicos, que estão organizados de acordo com uma frequência de referência de afinação em Hertz, usualmente a nota Lá = 440Hz. Cada parâmetro de afinação oferece recursos para que seja possível identificar a altura de uma nota dentro de uma escala musical [.] A referência A = 440 Hz indica que a nota Lá³, com frequência de 440 ciclos por segundo, será utilizada como parâmetro para a afinação de um instrumento e o seu som.

O intervalo entre as notas dó-ré, ré-mi, fá-sol, sol-lá e lá-si, equivale a $\sqrt[12]{2^2}$, e esse intervalo é conhecido por tom. O outro intervalo entre as notas mi-fá e si-dó $\sqrt[12]{2}$ é equivale a um semitom, ou seja, os semitons constituem o menor intervalo de tempo entre duas notas musicais e o tom é o intervalo entre dois semitons (PROJETO APRENDIZ, 2015, p. 6), como se observa na Figura 3.8.

Figura 3.8: Demonstração das notas musicais



Fonte: CLVA (2019).

Em se tratando de produzir o som no violão, a pessoa pode tocar as cordas, ou seja, dedilhar as cordas com os dedos, cujas vibrações se propagam ao longo de toda a corda. Essas perturbações ao chegarem nas extremidades fixas da corda serão refletidas, pois pela 3ª Lei de Newton, o meio rígido que fixa a corda irá reagir às perturbações, mas em sentido contrário. Desta forma, irão coexistir na corda duas ondas que se propagam em sentidos contrários, produzindo ondas estacionárias,

com nó nas extremidades onde a corda está fixa e com frequência de ressonância bem estabelecida nas notas musicais, que dependem das diferentes características físicas da corda, como espessura, o material de que é feita e outros. Além disso, fatores como o comprimento da corda e a tensão aplicada influenciam a frequência de ressonância.

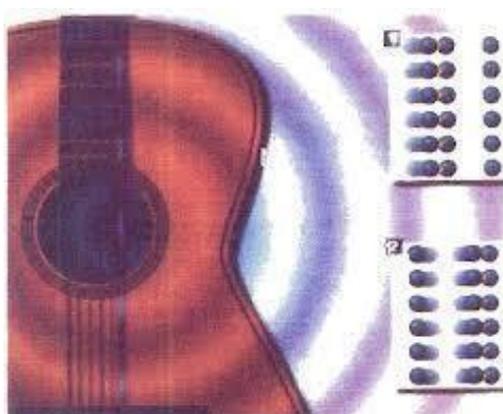
As cordas transportam essas vibrações para a caixa de ressonância do violão, cujo efeito ocorre devido à frequência de vibração do ar contido na caixa ressoar na mesma frequência das vibrações do corpo do violão, coincidindo com a sua frequência natural.

Nesse sentido, Cardozo (2016, p. 38) destaca que:

O som do violão é emitido através de alguns processos físicos, como as ondas transversais estacionárias nas cordas, com o modo fundamental e seus harmônicos (com frequências múltiplas da fundamental). Além disso, temos a propagação do som produzido pelas cordas para o corpo de madeira, onde são produzidos os modos ressonantes. Finalmente, a onda sonora se propaga no ar, até atingir nosso aparelho auditivo.

Diante dessa concepção, faz-se necessário compreender que ondas sonoras são ondas mecânicas, longitudinais, relacionadas a ondas de pressão. Ao se propagarem, causam interferência na compressão e descompressão de partículas, ocorrendo, assim, um diferencial de pressão que se propaga ao longo da onda. As partículas oscilam em torno de sua posição de equilíbrio, e isso pode ser explicado vibrando uma corda do violão, conforme mostra a Figura 3.9.

Figura 3.9: Onda longitudinal



Fonte: UFRJ (2019).

O Som refere-se à sensação produzida pela vibração do corpo sonoro no ouvido. Os autores Grillo e Perez (2013, p. 71) afirmam que,

O som, por sua vez, mesmo sendo de uma única nota musical, é o resultado da superposição de diversas ondas sonoras. Isso ocorre pelo fato dos objetos ou corpos sólidos possuírem moléculas que apresentam certa vibração natural, uma frequência característica. Ao vibrarmos a corda de um violão, por exemplo, cria-se nela uma combinação das frequências de todos os átomos, formando um padrão de vibração (timbre), intrínseco a esse corpo.

Entende-se, assim, que a maioria dos instrumentos musicais possui um grande número de frequências de vibração natural e, portanto, pode emitir várias notas. No caso do violão, as cordas possuem espessuras diferentes e, desse modo, produzem notas diferentes.

O tamanho do corpo do violão pode fazer diferença quando tocado acusticamente, uma vez que violões com corpo maior vibram mais e, conseqüentemente, têm um alcance sonoro maior. No entanto, essa diferença é mais nítida quando os violões tocados acusticamente estão plugados(altura), minimizando esta falta de intensidade.

3.4 O CAVAQUINHO

Embora o cavaquinho seja muito popular no Brasil, ele se originou na província portuguesa de Minho. Faz parte da cultura urbana de Braga e foi espalhada por Cabo Verde, Madeira, Moçambique, Havaí e Brasil (BOSCARINO, 2012).

Não se sabe bem quando o cavaquinho chegou ao Brasil, mas certamente antes da chegada da família real, em 1808, o cavaquinho já estava aqui, metido com o lundu, com a modinha, os primeiros gêneros da música brasileira, participando dessa música popular que nascia (CAZES, 2011).

O cavaquinho logo ganhou destaque na música brasileira, formando uma dupla bem interessante com o pandeiro. De estilos de música urbana, como samba e choro a várias expressões folclóricas, como folias de reis e bumba-meu-boi, sua função pode variar de acordo com os vários ritmos. O cavaquinho é composto por quatro cordas e é utilizado como instrumento harmonioso (médio e solo), sendo um componente indispensável a qualquer grupo de samba, pagode ou chorinho.

Diante disto, é necessário conhecer a estrutura física desse instrumento, haja vista que o mesmo é um dos elementos principais desta pesquisa. Vale frisar que cada parte do cavaquinho tem sua importância, sua particularidade. É o tipo de madeira especial que dará ao instrumento sua característica única, como se vê na Figura 3.10.

Figura 3.10: As partes do cavaquinho



Fonte: (SILVA JR: MILTÁOB, 2015).

O cavaquinho, assim como o violão se divide em três partes, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5: Descrição das partes que compõem o cavaquinho.

CAVAQUINHO	PEÇAS ESPECÍFICAS
O braço do cavaquinho	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A pestana: tem função semelhante ao rastilho, e a distância entre os dois resulta no equilíbrio e em uma boa afinação. ➤ As casas: são os espaços localizados entre os trastes, que são pressionadas durante toda a música. A variação do local que for pressionado fará mudar o som, variando os acordes. São nelas que estão localizadas as notas musicais. ➤ As cordas: são quatro, com afinação de ré, si, sol e ré do agudo para o grave.
A cabeça do cavaquinho	<ul style="list-style-type: none"> ➤ As Tarrachas: é responsável em controlar a tensão nas cordas, visando à afinação.

<p>O corpo do cavaquinho</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ O Tampo: é o corpo do cavaquinho, no qual a sonoridade varia de acordo com o tamanho, formato ou madeira utilizada na confecção do instrumento. ➤ A Boca: é o orifício responsável pela emissão do som. ➤ O Mosaico: está em volta da boca, reforçando suas bordas, além de decorar o instrumento. ➤ O Rastilho: iniciado no cavalete é responsável pela altura e tensão das cordas. Geralmente é utilizado o rastilho de marfim ou plástico. O material do rastilho acaba tendo influência sobre o timbre do instrumento ➤ O Cavalete: cuja função é receber as cordas e transferir a vibração ao tampo que ressoa através da boca.
-------------------------------------	---

Fonte: Própria (2020).

Assim como o violão, o som no cavaquinho é produzido quando são dedilhadas suas cordas, gerando ondas transversais que, superpondo-se às refletidas nas extremidades, originam uma onda estacionária através da teoria das cordas vibrantes.

Cada instrumento musical apresenta um modo de vibração característico definido pelo timbre do som. Timbre é o que diferencia o som de mesma frequência (mesma nota) do violão e do cavaquinho. O autor Hümmelgen, em seu artigo “O Clarinete – uma introdução à análise física do instrumento” (1996) esclarece que isso ocorre pelo fato de os instrumentos apresentarem diferentes intensidades dos harmônicos na composição do som emitido. Por exemplo, a nota Dó tocada no violão tem um som muito diferente da nota Dó tocada no cavaquinho. Isso significa que esses instrumentos emitem timbres diferenciados.

Diante desta concepção, é fácil perceber e diferenciar um som produzido em um violão de um som produzido em um cavaquinho. Essa combinação que Hümmelgen (1996) comenta tem relação com a série harmônica de vibração do som, cujas frequências são provenientes da fundamental. Assim, a soma dessas frequências $SOM = f_1 + f_2 + f_3 \dots$ resulta no TOM, que é o termo fundamental. Os termos seguintes são os SOBRETONS.

Sendo o cavaquinho um instrumento de quatro cordas e tessitura de apenas duas oitavas, sua afinação estabelece uma tríade de sol maior, como se observa na Tabela 6.

Tabela 6: Cordas, afinação e frequências do cavaquinho

CORDAS	AFINAÇÃO	FREQUÊNCIA
4 ^a	RÉ	293,6 Hz
3 ^a	SOL	392 Hz
2 ^a	SI	493,8 Hz
1 ^a	RÉ	587,2 Hz

Fonte: Própria (2020).

Ressalta-se, assim, que, após conhecer o cavaquinho musicalmente pode-se estruturar a compreensão do instrumento por meio da Física. Desta maneira, associam-se as grandezas musicais às grandezas Físicas.

4 METODOLOGIA

O presente capítulo apresenta os procedimentos metodológicos que foram desenvolvidos e aplicados com os estudantes do Curso de Informática do 2º ano do Ensino Médio, da EEEP Professora Elsa Maria Porto Costa Lima – Aracati, Ceará. Neste trabalho, deu-se ênfase ao Produto Educacional (PE).

4.1 CAMINHOS DA PESQUISA

Este trabalho fundamenta-se na Teoria sociocultural de aprendizagem do psicólogo Lev Vygotsky (1896 – 1934), esta explicita que o conhecimento ocorre a partir das relações sociais, seja da história ou da cultura onde o indivíduo está inserido, afirmação que corrobora com a concepção do educador brasileiro Paulo Freire (2003).

De acordo Lüdke e André, (1986), a pesquisa de natureza qualitativa tem um ambiente natural, no qual acontece a investigação. O investigador assume o papel de principal instrumento de investigação, sendo, assim, deve ficar atento e procurar registrar a maior quantidade de informações possíveis, seja por meio da observação e anotações, ou até mesmo com o auxílio de filmagens e gravações de áudio.

O pesquisador deve buscar entender o que os participantes conhecem sobre determinado assunto, ou seja, quais são suas concepções e interpretações. É fundamental recorrer a um referencial teórico mais ou menos definido, podendo a teoria ser construída e reconstruída ao longo da pesquisa, com o interesse de ampliar o conhecimento já disponível, buscando descobrir novos conhecimentos.

Neste sentido, essa pesquisa é de abordagem qualitativa, com enfoque na problematização dos conteúdos, buscando uma solução pensada e refletida coletivamente sobre os significados físicos presentes no funcionamento do violão e do cavaquinho. Além disso, por meio de interações com os estudantes, verificou-se que os objetivos da pesquisa foram alcançados com êxito, ou parcialmente. Por meio dessas informações, pensou-se em melhorias.

4.1.1 Caracterização do contexto da pesquisa

Este trabalho foi desenvolvida na Escola Estadual de Educação Profissional Elsa Maria Porto Costa Lima (Figura 4.1), INEP: 23265426, localizada na Rua José

de Alencar, nº 1930 no bairro Nossa Senhora de Lourdes, na cidade de Aracati-Ceará. A escola faz parte da rede Estadual de Ensino do Estado do Ceará, de responsabilidade da Secretaria de Educação (SEDUC), fazendo parte da 10ª Coordenadoria de Desenvolvimento da Educação (CREDE 10ª), tem sua sede na cidade de Russas, Ceará.

A Unidade escolar é constituída por dois níveis, o ensino médio regular, chamado de Base Comum e o Ensino Técnico Profissional. A escola funciona em tempo integral manhã e tarde, sendo 12 turmas, totalizando 453 estudantes, distribuídos entre os cursos de Técnicos em Administração, Informática, Enfermagem, Guia de Turismo e Hospedagem.

Figura 4.1: EEEP Professora Elsa Maria Porto Costa Lima – Aracati, Ceará



Fonte: Fotoclube Dragão do Mar (2020). Foto tirada pelo aluno Gustavo Gondim.

A Tabela 7, a seguir, mostra como são feitas as divisões e quantitativos das turmas.

Tabela 7: Quadro de discentes

SÉRIE	CURSO/TURMA	QUANTIDADE DE ALUNOS
1ª	Administração	40
1ª	Enfermagem	40
1ª	Informática	40
1ª	Guia de turismo	40
2ª	Administração	40
2ª	Enfermagem	38
2ª	Informática	40
2ª	Hospedagem	36
3ª	Administração	34
3ª	Enfermagem	33
3ª	Informática	40
3ª	Hospedagem	35

Fonte: Própria 2020.

4.1.2 Caracterização dos sujeitos participantes da pesquisa

Deste universo, foram selecionados os estudantes da 2ª série do Curso de Informática para a aplicação do produto educacional e contamos, para aplicação do produto, com a parceria do professor Anderson, da disciplina de Artes da escola, que é formado em Música e Maestro da Banda Municipal do Município de Aracati – Ceará.

A sequência didática foi aplicada entre os meses de dezembro de 2019 e janeiro de 2020, nas aulas de Física e Artes, a turma era composta de 40 estudantes, sendo 3 do sexo feminino e 37 do sexo masculino. A faixa etária dos discentes era entre 16 e 18 anos.

A maioria dos discentes veio de escolas públicas, mas a instituição tem na seleção uma cota para oriundos das escolas particulares e a cota do bairro onde se localiza a escola profissional. Como se trata de uma escola integral de educação profissional, os estudantes passam o dia na escola, o que foi favorável para a aplicação do produto.

4.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A aplicação foi dividida em momentos, correspondendo ao desenvolvimento das etapas da sequência didática descrita na Tabela 8. Todas as aulas foram registradas através de fotos, vídeos, gravações e anotações. Utilizou-se a rede social *whatsapp* que serviu para ampliar as discussões em sala de aula.

Para preservar a identidade dos estudantes, os nomes dos estudantes foram alterados sendo colocado o número da frequência. Foram utilizados também outros ambientes fora da sala de aula, como o laboratório de Física e a sala de audiovisual.

Para a aplicação do produto, é necessária a utilização de seis (6) encontros/aulas. Para as atividades, a turma era dividida em grupos, cada um composto por 6 a 8 discentes.

Tabela 8: Etapas dos Encontros - Aulas

Etapas (Encontros)	Objetivos
<p>Primeira Etapa (Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Verificar se os estudantes tinham algum interesse musical, bem como se tocavam algum tipo de instrumento. <input type="checkbox"/> Aplicar um questionário utilizando o <i>Google Forms</i> para verificar com quais instrumentos musicais os estudantes tinham mais afinidade. <input type="checkbox"/> Utilizar a rede social <i>whatsapp</i> para dinamização e interação entre professor e discentes. <input type="checkbox"/> Relacionar em todas as etapas da aplicação do produto Educacional às teorias de Vygotsky e Freire durante o processo das atividades desenvolvidas.
<p>Segunda Etapa (Organizador prévios e problematização inicial)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Manter a dinâmica de interação entre o professor e os alunos. <input type="checkbox"/> Introduzir o tema acústico, abordando alguns conceitos necessários para o desenvolvimento das atividades que serão propostas posteriormente no Produto Educacional. <input type="checkbox"/> Utilizar os instrumentos musicais violão e cavaquinho. <input type="checkbox"/> Abordar os fenômenos físicos estabelecendo relações entre violão e cavaquinho. <input type="checkbox"/> Definir som como uma onda, conceituar a frequência, o comprimento de onda, período e amplitude de uma onda e, por fim, definir a velocidade de uma onda.
<p>Terceira Etapa (vibração em uma corda – Modos normais das cordas vibrantes)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Fazer uso do aplicativo <i>DaTurner</i> que possui a funcionalidade de afinador. <input type="checkbox"/> Verificar as notas produzidas no aplicativo. <input type="checkbox"/> Abordar as características da produção do som através da vibração de uma corda e a sua qualidade fisiológica do som através da altura do som. <input type="checkbox"/> Verificar os modos de vibração em uma corda vibrante, os harmônicos dos instrumentos musicais

	<p>violão e cavaquinho.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Verificar as relações entre o som produzido numa corda vibrante e os parâmetros da corda que influenciam esse som.
<p>Quarta Etapa (Análise espectral do som - Timbre)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Analisar o espectral do som (timbre); <input type="checkbox"/> Oportunizar a exploração da qualidade fisiológica do som através do programa <i>Ripper</i> com a placa de áudio <i>Xenyn</i>. <input type="checkbox"/> Permitir distinguir o timbre dos instrumentos musicais explorados, mesmo que estejam emitindo a mesma nota musical (mesma altura). <input type="checkbox"/> Construir o aprendizado de maneira coletiva ao que se deseja aguçar em relação à curiosidade do estudante.
<p>Quinta Etapa (Utilização da Trilha FÍSICA e MÚSICA)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Desenvolver e aplicar um jogo lúdico “FÍSICA  MÚSICA” com a finalidade de verificar a aprendizagem dos conteúdos discutidos no decorrer do projeto.
<p>Sexta Etapa (Análise do Produto Educacional)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Aplicar um questionário de opinião em relação ao produto Educacional.

Fonte: Própria 2020.

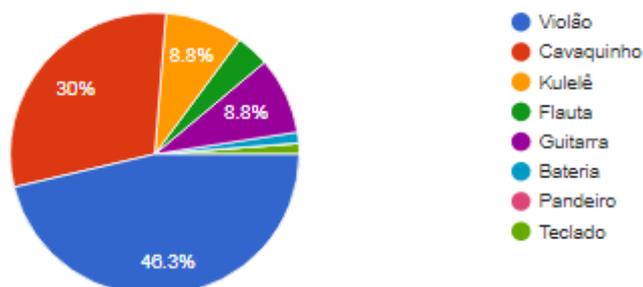
A seguir, faz-se uma descrição de cada Etapa (encontro das aulas).

4.2.1 Descrição da Primeira Etapa

Foi realizado como ponto de partida um levantamento da realidade dos estudantes a fim de obter um tema gerador. Para Freire (1987), a utilização de temas geradores colabora para o processo de transformação da sociedade formando espaços multi e interdisciplinares. Essa etapa foi dividida em dois momentos, o primeiro momento foi a aplicação de um questionário através do *Google Forms* para verificar quais os instrumentos musicais que os estudantes tinham mais afinidades, Gráfico 4.1, pois sempre os vi com instrumentos musicais pela escola.

Gráfico 4.1: Instrumentos musicais que os estudantes têm afinidade

Quais os instrumentos musicais com os quais você tem mais afinidade?



Fonte: Própria (2020).

Através do Gráfico 4.1, percebe-se os instrumentos que os alunos têm mais afinidade, são o violão e o cavaquinho. Estes objetos musicais são caracterizados por serem de cordas pinçadas. Portanto, o violão e o cavaquinho foram escolhidos para serem estudados, devido a sua grande influência perante os estudantes da escola.

No segundo momento foi utilizada uma rede social chamada de *whatsapp* com objetivo de identificar as informações e saberes do estudante, além de ampliar as discussões de sala de aula. A partir da problematização do conteúdo foram realizadas algumas perguntas para explorar os conhecimentos prévios dos estudantes (Figuras 4.2).

Figura 4.2: Interação pela rede social *whatsapp* com os estudantes



Fonte: Própria (2020).

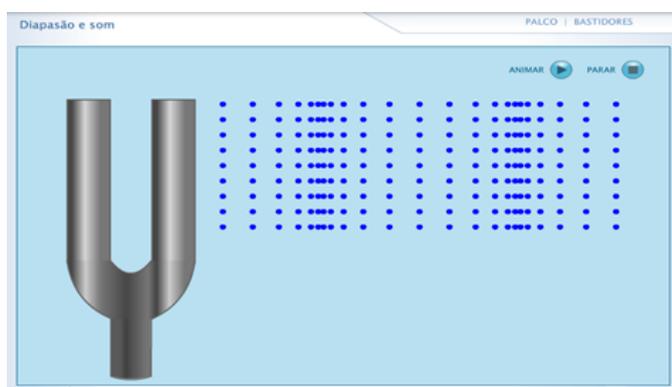
4.2.2 Descrição da Segunda Etapa

A segunda etapa aconteceu em sala de aula com objetivo de ampliar as discussões. Fez-se uma abordagem dos tópicos de forma dialogada com espaço aberto para a participação dos discentes, inicialmente foram feitos alguns questionamentos considerados provocativos para iniciar o debate. Nesse momento, mantive-me imparcial, ouvindo os alunos sem falar quem estava certo ou errado, apenas mediando o processo, ou seja, controlando a palavra para que todos tivessem espaço para se expressarem.

Além disso, foram utilizados slides com imagens e animações para aprofundar as discussões, a duração desta atividade foi de aproximadamente 30 minutos.

Apresentou-se também uma simulação computacional disponível em www.if.ufrj.br/, na qual um diapasão emite uma onda sonora que se propaga no meio a partir de variações de pressão, conforme mostra a Figura 4.3.

Figura 4.3: Aplicativo simulação computacional diapasão



Fonte:UFRJ (2020).

Proporcionou-se aos estudantes manusear o violão e o cavaquinho, discutindo-se alguns fenômenos físicos num procedimento dialógico no qual se buscou explorar as interpretações dos discentes.

A ideia foi que eles conhecessem as partes dos instrumentos, seus sons e se apropriassem de suas características, para um futuro trabalho direcionado. Apesar de os instrumentos serem bastante conhecidos e presentes na cultura dos estudantes foi pedido que eles observassem minuciosamente, com olhar científico, as características físicas de cada um deles.

Nesta aula foi exibido também o vídeo (Figura 4.4) que serviu de base para o entendimento e visualização de uma onda estacionária numa corda, foi fundamental para a visualização dos nós e dos ventres.

Figura 4.4: Instantâneo do vídeo sobre cordas vibrantes de um violão



Fonte: [Acordes em Cordas](#) (2018).

4.2.3 Descrição da Terceira Etapa

Nesta etapa, utilizou-se o *smartphone* com o aplicativo *DaTuner* que possui a funcionalidade de afinador. Dividiu-se a turma em grupos, tendo cada grupo ficado com instrumento musical, juntamente com o *smartphone*.

Figura 4.5: Uma das interfaces do Afinador *DaTuner*



Fonte: [Aplicativos grátis](#) (2019).

Explicou-se como funciona o aplicativo e em seguida foi proposto aos discentes que fizessem download do aplicativo *DaTuner* (Figura 4.5), que é gratuito, com o endereço eletrônico no *google Playstore* https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bork.dsp.datuna&hl=pt_B.

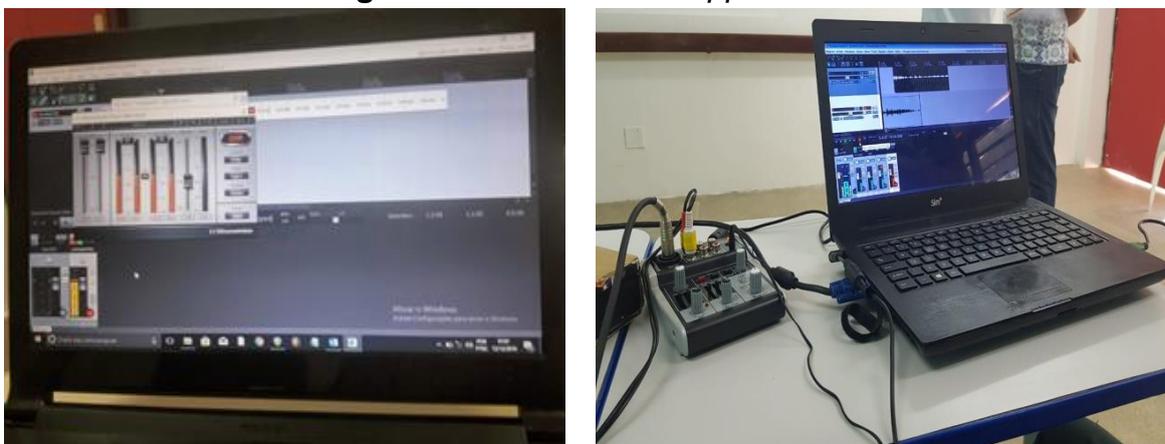
4.2.4 Descrição da Quarta Etapa

Neste encontro, foi explorado o espectro do som (timbre) através do programa *Ripper* e a placa de áudio *Xenyx*. Para esta atividade contou-se com a parceria do professor Anderson. Foi utilizado o violão, o cavaquinho, um computador, um data show, *Notebook*, cabos, extensão e uma placa de áudio com entrada *USB Xenyx 302*.

Inicialmente, explicou-se como funciona o programa e o que se realizaria naquele momento. Dividiu-se a turma em grupos e, em seguida, distribuiu-se um roteiro a cada grupo. Com o programa *Ripper* e a placa de áudio *Xenyx* os estudantes obtiveram os aspectos dos dois instrumentos musicais. Durante a aplicação da atividade eles trocaram informações entre si acerca da influência da intensidade dos harmônicos na composição do timbre do violão e do cavaquinho.

O *software* (Fig. 4.6) possibilitou a observação da frequência e, conseqüentemente, um melhor entendimento dos harmônicos de cada nota correspondente.

Figura 4.6: O *Software Ripper*



Fonte: Própria (2020).

4.2.5 Descrição da Quinta Etapa

Neste encontro foi utilizado um jogo pedagógico com o objetivo de reforçar as discussões e a socialização dos saberes. O jogo consiste em uma trilha, a Física Música , que conta com sinais, instrumentos e acessórios musicais, os quais aparecem a cada duas casas (Figura 4.7). Ao cair nestas casas, o estudante deverá responder perguntas sobre ondulatória, envolvendo, assim, todo o processo que foi trabalhado nos encontros, em um formato lúdico e interdisciplinar. Vale ressaltar que as perguntas podem ser simples ou mais complexas, de acordo com o nível de conhecimento da turma. Ganha quem chegar primeiro na casa com a palavra CHEGADA.

Figura 4.7: A trilha Física Música



Fonte: Própria (2020).

A trilha é composta por 22 peças, alguns exemplos podem ser vistos na Fig. 4.8, sendo uma excelente estratégia para finalizar o conteúdo de Acústica, podendo ser adaptado a outros conteúdos como forma de revisão. Além disso, pode revelar as dificuldades percebidas no processo de ensino e aprendizagem. Para jogar a trilha Física Música é preciso um dado, as cartas e as peças necessárias para o jogo. Os estudantes precisam se familiarizar com as regras impostas, abaixo relacionadas:

- 1) O jogador 1 deverá jogar o dado;
- 2) Em seguida andará o número de casas que saiu no dado;
- 3) Ao chegar na casa destinada, se for um número, o mesmo permanece na casa;

- 4) Mas se o jogador 1 cair em uma casa de desafio que são os instrumentos musicais e acessórios, o mesmo deverá responder a uma pergunta;
- 5) Se ele acertar terá o direito a uma premiação, como jogar mais uma vez. Entretanto, se errar terá uma punição, como ficar uma rodada sem jogar;
- 6) Seguindo o gamer, será a vez do jogador 2 e assim sucessivamente;
- 7) Ganha quem alcança primeiro a casa com a palavra CHEDAGA.

Figura 4.8: Cartas da Trilha Física  Música



Física Música

Resposta...

O som é caracterizado por três qualidades que dependem da sensação que temos quando o ouvimos, são elas?

Resposta: Altura, Intensidade e o Timbre.

Se acertar avance 17 casas, Se errar fique 1 rodada sem jogar.

Resposta...

Ondas sonoras são compressões e rarefações do meio material através do qual se propagam. Podemos dizer que:

(A) as ondas sonoras transmitem-se mais rapidamente através de líquidos e sólidos do que através do ar.

(B) o som não pode propagar-se através de um sólido.

Resposta: A

Se acertar avance 5 casas, se errar, volte 2 casas.

Resposta...

Alguns instrumentos de corda, como o cavaquinho, dispõem de traste, dispositivos que permitem alterar o comprimento da parte vibrante da corda. Com os dedos, o músico pressiona entre os trastes a corda que será colocada a vibrar, reduzindo seu comprimento. Quanto menor o comprimento L da parte vibrante, maior a frequência do som emitido. Essa afirmação está:

() CERTA.
() ERRADA.

Resposta: CERTA

Se acertar avance 1 casa, Se errar fique 1 rodada sem jogar.

Resposta...

A qualidade do som que permite distinguir um som forte de um som fraco, por meio da amplitude de vibração da fonte sonora é definida como:

(A) Altura.

(B) Intensidade.

Resposta: B

Se acertar avance 4 casas, se errar, volte 3 casas.

Resposta...

A respeito das ondas sonoras é correto dizer:

(A) O som é um tipo de onda mecânica, bidimensional e longitudinal. As ondas sonoras propagam-se mais rápido em meios gasosos do que em meios sólidos.

(B) O som é um tipo de onda mecânica, tridimensional e longitudinal. As ondas sonoras propagam-se mais rápido em meios sólidos do que em meios líquidos.

Resposta: B

Se acertar avance 4 casas, se errar, volte 2 casas.

Fonte: Própria (2020).

4.2.6 Descrição da Sexta Etapa

Foi aplicado um Questionário de Opinião em relação ao produto Educacional com o objetivo principal de coletar as opiniões dos estudantes em relação às atividades realizadas na sequência didática. Um total de 40 discentes responderam. Foram compilados alguns comentários anexados no (Apêndice B).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, apresenta-se um relato das principais discussões que ocorreram na aplicação do Produto Educacional, assim como algumas atividades práticas para o estudo do som produzido pelo violão e o cavaquinho.

O trabalho propôs também uma contextualização sociocultural, cujos fenômenos sonoros do violão e do cavaquinho são interpretados com ferramentas teóricas simples, de forma que podem ser reproduzidas e adaptadas facilmente em sala de aula.

5.1 ANALISANDO O SOM DO VIOLÃO E DO CAVAQUINHO

Este momento teve como objetivo estudar a relação da frequência do violão e do cavaquinho com algumas características do som, como comprimento da corda (L), tensão (T), densidade (μ) e altura. Para isso, utilizou-se um *smartphone* com aplicativo *DaTuner*.

Na tentativa de explorar as interpretações dos estudantes, iniciou-se o encontro com um diálogo sobre o processo de produção do som, proporcionando-se, inclusive, o manuseio do violão e do cavaquinho.

Em seguida, eles assistiram ao vídeo (<https://www.youtube.com/watch?v=5lCHZjnxgTs>), e um discente fez um comentário sobre a vibração das cordas que gerou um diálogo mostrado no Quadro 5.1.

Quadro 5.1: Discussão interpretativa sobre produção do som

“Professora percebi que quando as cordas do violão vibram vemos ondas diferentes. (comentário do aluno 8)”

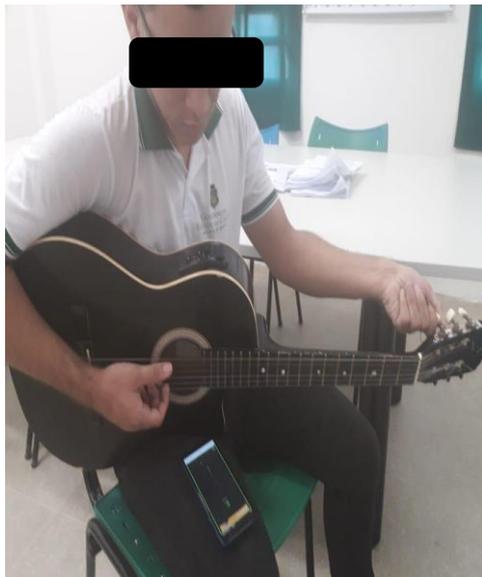
“Então isso aí é que chamamos de uma corda sendo dedilhada, porque vibra os harmônico e tem vários sons juntos. Digo isso professora porque toco violão e acredito que é isso que está acontecendo. (comentário do Aluno 9) “.

“ Eu não tenho habilidade no cavaquinho e no violão, mas sei que quando vibramos as cordas vemos que elas sobe e desce produzindo o som. E outra coisa tocadas temos uma formação de série harmônicas (comentário do Aluno 11)”

Fonte: Própria (2020).

Após o debate de ideias, foi solicitado aos estudantes que utilizassem o aplicativo *DaTuner* no *smartphone* para captar as frequências do cavaquinho e do violão (Figura 5.1). O objetivo dessa atividade era oportunizar aos estudantes a identificação das frequências do som produzido por cada corda dos instrumentos e a relação com a espessura de cada uma delas.

Figura 5.1: Afinação dos instrumentos através do aplicativo *DaTuner* no *smartphone*.



(a) Afinando as cordas do violão



(b) Afinando as cordas do cavaquinho

Fonte: Própria (2020).

A Tabela 9 mostra de forma comparativa a diferença entre as frequências do violão e do cavaquinho que foram captadas pelos estudantes durante a atividade, utilizando o aplicativo *DaTuner*.

Tabela 9: Frequências das notas na corda do violão e cavaquinho.

Corda 1ª: E	329,40 Hz	Corda 1ª: D	594,92 Hz
Corda 2ª: B	245,79 Hz	Corda 2ª: B	498,94 Hz
Corda 3ª: G	196,67 Hz	Corda 3ª: G	392,19 Hz
Corda 4ª: D	146,93 Hz	Corda 4ª: D	299,01 Hz
Corda 5ª: A	109,86 Hz		
Corda 6ª: E	82,27 Hz		

(A) Frequências das notas na corda do violão

(B) Frequências das notas na corda do cavaquinho

Fonte: Própria (2020).

Nota-se que no caso do violão as medidas foram registradas dentro do esperado, a frequência diminuiu com o aumento da densidade linear da corda. Observou-se também que frequências maiores produzem sons mais agudos, ou seja, a 1ª corda tem frequência maior, portanto, tem som mais agudo, 6ª corda tem som mais grave, pois a frequência é menor.

No cavaquinho a 1ª corda tem frequência maior, tem som mais agudo e a 4ª corda tem frequência menor e, conseqüentemente, som mais grave.

Os valores obtidos no violão e no cavaquinho variam. Comparando a frequência da nota Ré do violão, que é de 146,93Hz, e a frequência da nota Ré do cavaquinho, que é de 594,92 Hz, pode-se observar uma diferença de 448 Hz entre as notas. Isso mostra que a nota Ré do violão está $\frac{2}{8}$ abaixo em relação à nota Ré do cavaquinho. Neste caso, a diferença no violão é na Ré₂ e no cavaquinho na Ré₄.

Após a realização do experimento, novos questionamentos foram postos em debate, com o objetivo de conduzir os estudantes a observar que a frequência do som produzido por uma corda vibrando tem relação com o comprimento livre da corda. Levantaram-se os seguintes questionamentos: “Se o comprimento da corda for reduzido à metade, qual será a nova nota emitida?”. “Caso se pressione o dedo na mesma casa em todas as cordas quais serão as frequências?”.

Neste momento, o professor resumiu as opiniões dos discentes e extraiu dessa síntese a relação da frequência com a altura do som, com o comprimento de onda, tensão aplicada e a densidade da corda.

Logo após, foi solicitado aos estudantes para captarem novamente com o aplicativo DaTuner as frequências em cada corda pressionando o dedo na mesma casa em todas as cordas do violão e do cavaquinho para comprovar as interpretações debatidas. No caso do violão foi a 5ª casa e do cavaquinho a 4ª casa, conforme a (Tabela 10).

Tabela 10: Frequência nas cordas do violão e cavaquinho com comprimento reduzido

Cordas	Casas	Nota	Frequência
4ª	4ª	Fá# 4 = F#	370,5 Hz
3ª	4ª	Si 4 =B	495,8 Hz
2ª	4ª	Ré# 5= D#	625,8 Hz
1ª	4ª	Fá# 5 = F#	742,0 Hz

Cordas	Casas	Nota	Frequência
6ª	5ª	Lá 2 = A	110 Hz
5ª	5ª	Ré 3 = D	146 Hz
4ª	5ª	Sol 3 = G	196 Hz
3ª	5ª	Dó 4= C	262 Hz
2ª	5ª	Mi 4 = E	329 Hz
1ª	5ª	Lá 4= A	440 Hz

(A) Frequência das notas na corda reduzida do cavaquinho

(B) Frequência das notas na corda reduzida do violão

Fonte: Própria (2020).

Analisando as Tabelas A10 e B10 percebe-se que as frequências aumentaram quando o comprimento da corda foi reduzido tanto para o violão quanto para o cavaquinho. No entanto, as frequências emitidas pelo violão são mais graves do que as emitidas pelo cavaquinho. Isso ocorre porque no cavaquinho as notas são executadas de acordo com a escala geral nas oitavas 4 e 5. Já no violão as notas executadas variam entre as oitavas 2 e 4.

Em seguida, solicitou-se que variassem a tensão na corda e calculassem as frequências correspondentes para o violão e para o cavaquinho (Tabelas 11 e 12). O objetivo era possibilitar relacionar as frequências com as tensões aplicadas nas cordas. Utilizou-se o aplicativo *DaTuner* para obter as frequências e para medir a densidade usou-se a equação de Taylon, $\mu = m/L$. Para a medida da massa foi utilizada uma balança eletrônica e para a medida do comprimento da corda dos instrumentos uma trena. Em seguida, utilizou-se equação (3.14) para calcular as tensões sobre cada corda.

Tabela 11: Frequências e Tensões nas cordas do Violão

Cordas	Frequências f (Hz)	Tensões T (N)
6 ^a	82,4	13
5 ^a	109,7	17
4 ^a	147,6	19
3 ^a	196,8	42
2 ^a	247,4	49
1 ^a	328,7	56

Fonte: Própria (2020).

Tabela 12: Frequências e Tensões nas cordas do cavaquinho.

Cordas	Frequências f (Hz)	Tensões T (N)
4 ^a	299,01	72
3 ^a	401,00	110
2 ^a	560,00	241
1 ^a	620,00	352

Fonte: Própria (2020).

Analisando as tabelas 11 e 12 constatou-se que a frequência aumenta com a tensão aplicada nas cordas do violão e do cavaquinho, produzindo desta forma um som mais agudo em relação ao som produzido antes do aumento da tensão na corda.

5.2 DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DA ONDA NAS CORDAS DO VIOLÃO E DO CAVAQUINHO

Este experimento teve como objetivo determinar a velocidade de propagação da onda nas cordas do violão e do cavaquinho, assim como mostrar a sua dependência com a tensão e a densidade, utilizando o aplicativo *DaTuner*.

O valor da velocidade de propagação é obtido pela raiz quadrada da razão entre a tensão da corda e a densidade. Antes de iniciar a coleta de dados foram calculadas as densidades lineares de cada corda do violão e do cavaquinho, assim como as tensões.

Para determinação das tensões foi solicitado que os estudantes calculassem as frequências através do aplicativo *DaTuner* para o primeiro harmônico. Os resultados obtidos estão mostrados nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13: Resultados Experimentais do Violão

Cordas	Densidades $\mu(kg/m)$	Frequências f (Hz)	Tensões (N)	Velocidade (m/s)
Mi 6 ^a	0,1243	82,4	13	0,1035
Si 5 ^a	0,1193	109,86	17	11,93
Sol 4 ^a	0,1001	146,93	19	13,77
Ré 3 ^a	0,1669	196,71	42	15,86
Lá 2 ^a	0,1542	245,79	49	17,82
Mi 1 ^a	0,1315	329,65	56	20,63

Fonte: Própria (2020).

Tabela 14: Resultados Experimentais do Cavaquinho.

Cordas	Densidades $\mu(kg/m)$	Frequências f (Hz)	Tensões (N)	Velocidade (m/s)
Ré 4 ^a	0,2801	299,01	72	16,03
Sol 2 ^a	0,3199	401,0	110	18,54
Si 3 ^a	0,4998	560,0	241	21,95
Ré 1 ^a	0,6600	620,0 Hz	352 N	0,753 m/s

Fonte: Própria (2020).

Observa-se que as grandezas densidade linear, comprimento, tensão e velocidade da onda na corda são maiores no cavaquinho em comparação com o violão. Estas grandezas são relacionadas entre si, como mostra a equação (3.14).

5.3 ANÁLISE ESPECTRAL DO SOM

Este experimento foi realizado na sala de audiovisual com o objetivo de obter os espectros do som do violão e cavaquinho, utilizando o programa *Ripper*.

O professor e Maestro Anderson, iniciou a aula oportunizando um momento de descontração aos estudantes, quando executou uma nota no violão e depois a mesma nota no cavaquinho, o que chamou a atenção dos ouvintes.

Desta forma, foram suscitadas algumas problematizações acerca da diferença dos sons. “A nota tocada no violão e no cavaquinho foi a mesma?” Caso seja a mesma, ela possui a mesma frequência?”

Como a conversa estava produtiva, foi lançada mais uma pergunta “Se as notas tocadas possuem a mesma frequência, então por que se percebe o som diferente nos instrumentos?”.

Neste momento, os estudantes expuseram as suas opiniões (Quadro 5.2) e o debate fluiu de maneira democrática, integrativa e participativa. O papel dos professores que conduziam a aula foi de mediar o processo de aprendizagem.

Quadro 5.2: Discussão interpretativa sobre o timbre

“Através do timbre é possível identificar a diferença”. (comentário do aluno 18).

“Vamos pensar como músico cada um tem a sua percepção sobre o som das notas”. (comentário do aluno 12).

“Tudo bem amigo, você diz que cada um tem a percepção, mas nesse instante tocamos a nota Dó no violão, né, depois ouvimos essa mesma nota Dó sendo tocada pela nossa amiga no cavaquinho, o som soou diferente.”(comentário do aluno 26).

“Soou mesmo, isso porque altera o formato do som, mesmo que seja a mesma nota seja igual”. (comentário do aluno 17).

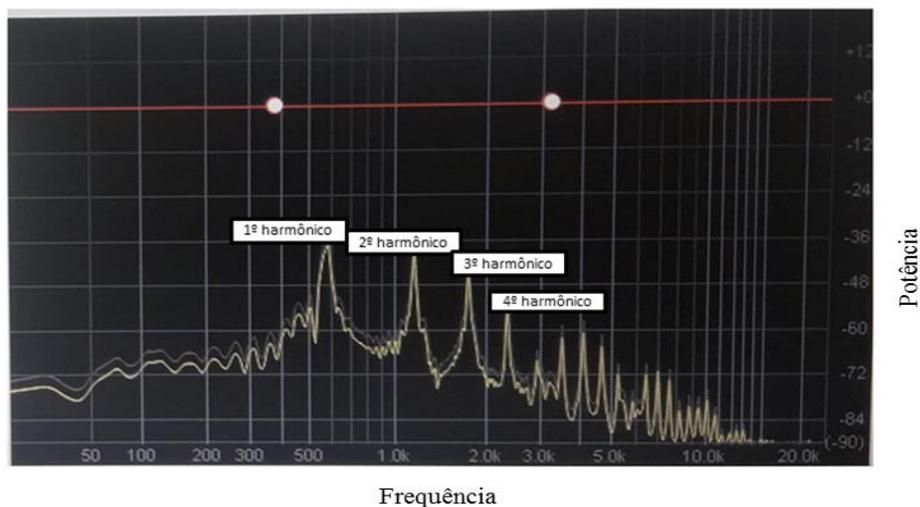
“ É mais também tem a percepção das notas pode variar né professores, varia no violão e no cavaquinho de acordo com o instrumento e o nosso ouvido também conta. Estou gostando da aula, pois cada um contribuiu um pouco e como nosso amigo disse uma vez a Física está presente no que mais gostamos como nos instrumentos e música”.(comentário do aluno 37).

Fonte: Própria (2020).

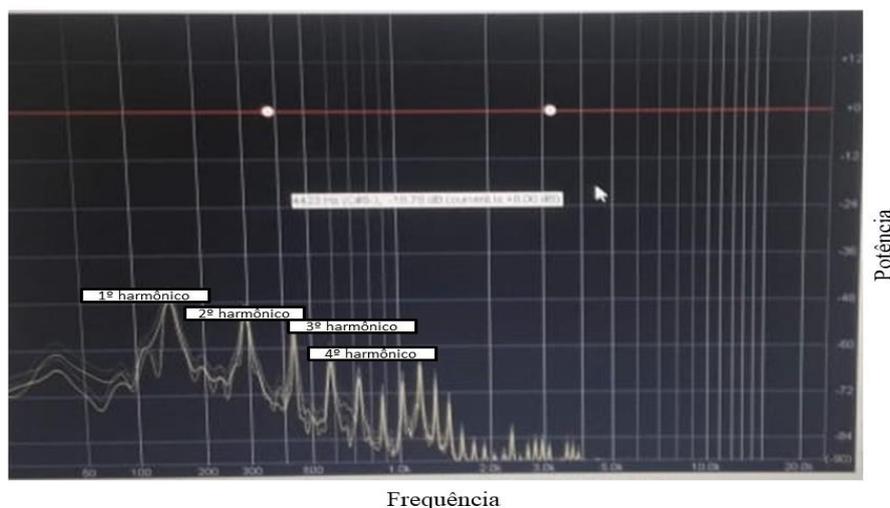
Esta troca de interpretações se coloca como um caminho de desenvolvimento cognitivo e conceitual na esfera do que Vygostky chamou de aprendizagem mediadora, na qual o professor representa um elo entre o estudante e o conhecimento.

Depois da problematização inicial foi solicitado que os estudantes usando o programa *Ripper* obtivessem os espectros do som dos instrumentos musicais e o gráfico das frequências dos picos. Esse gráfico é apresentado na Figura 5.2.

Figura 5.2: Espectro do cavaquinho e do violão



(A) Análise espectral do som produzido por um cavaquinho



(B) Análise espectral do som produzido por um violão.

Fonte: Própria (2020).

Os modos normais de vibração das cordas do cavaquinho e do violão são visualizados nos gráficos da potência em função da frequência, que descrevem os harmônicos em picos de potência.

Pode-se observar que tanto o violão quanto o cavaquinho vibram em vários harmônicos, daí a complexidade dos sons musicais. Eles apresentam diferentes intensidades dos harmônicos na composição do som emitido, isto é, o violão e o cavaquinho emitem timbres diferentes. A potência é maior no cavaquinho, ou seja, a

intensidade do som produzido no cavaquinho é maior do que a intensidade do som produzido no violão. Além disso, as frequências do cavaquinho também são maiores, por isso o som no cavaquinho é mais agudo, já o violão tem um som mais grave, pois as frequências são menores.

Após essa atividade, as discussões continuaram e pediu-se aos estudantes que captassem as frequências da nota Mi tocada na 6ª corda do violão e da nota Ré tocada na 4ª corda do cavaquinho. Os valores encontrados estão exibidos na Tabela 15.

Tabela 15: Frequência encontradas a partir da escuta das notas musicais

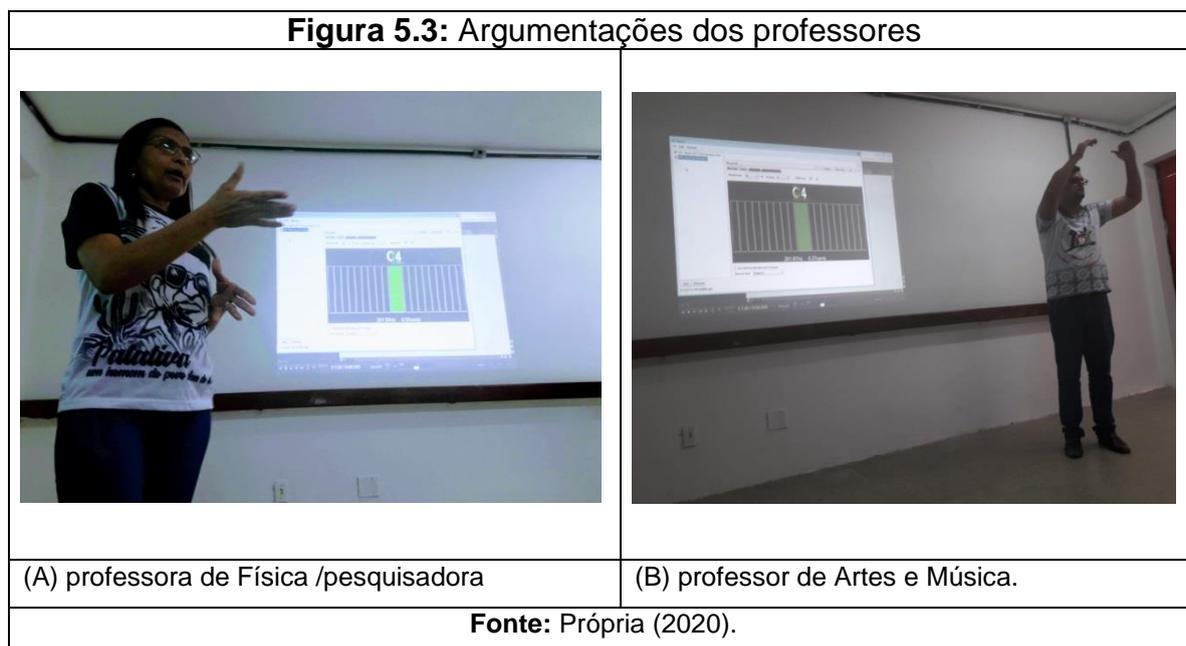
Violão Nota	Frequência (HZ)	Cavaquinho Nota	Frequência (HZ)
E	166,41 Hz	D	293 Hz

Fonte: Própria (2020).

Observa-se que a nota MI (E) do violão está um tom acima da nota RÉ (D) do cavaquinho de acordo com os parâmetros da altura. Entretanto, a nota MI(E), tocada no violão, possui a frequência mais baixa do que a nota RÉ (D) do cavaquinho, já que o cavaquinho é um instrumento mais agudo. Ou seja, apesar da nota MI (E) estar 1 tom acima da nota RÉ, estas notas diatônicas possuem sonoridades diferentes, já que estão sendo tocadas por instrumentos diferentes.

Depois da realização das medidas foi perguntado aos estudantes se eles observaram alguma diferença quanto ao som das notas e eles, em sua maioria responderam que “a nota do violão era mais grave e a do cavaquinho mais aguda”.

Após as discussões o professor/pesquisador e o professor de Artes fizeram algumas argumentações, conforme a Figura A5.3 e B5.3 e o Quadro 5.3.



Quadro 5.3 – Argumentações dos professores

- *“Professora pesquisadora: Como vocês viram, podemos relacionar a Física com a Música, dando sentido às notas musicais. Entendendo as principais diferenças entre os sons produzidos no cavaquinho e no violão. Fisicamente o timbre nos permite distinguir um som de outro e está diretamente associado à forma da onda. Já a altura do som diferencia sons graves (baixo) de sons agudos (alto) e está relacionada com a frequência da onda sonora, quanto maior for a frequência mais agudo é o som”.*

- *O professor Anderson: Como vocês viram o timbre do cavaquinho tem um colorido, uma característica estridente. Geralmente a sua sonoridade se dá por notas mais agudas do que a do violão. A afinação do cavaquinho também é diferente. Possui apenas quatro cordas e são afinadas por notas distintas. A vibração desse instrumento acontece praticamente igual a do violão, uma corda é excitada e a partir da excitação desta corda a vibração acontece no tampo da madeira. Esta vibração então é passada para o rastilho, cavalete, até ecoar dentro da caixa sonora e depois sai pela boca. Pode acontecer, por exemplo, o fenômeno da ressonância, que ocorre quando a frequência da vibração se iguala à frequência natural do instrumento musical, ocorrendo um grande aumento da amplitude. Este processo de ressonância faz com que a sonoridade do instrumento tenha uma ampliação acústica e não elétrica”.*

Fonte: Própria (2020).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho procurou corresponder às expectativas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), que tem como objetivo capacitar professores da Educação Básica quanto ao domínio de conteúdos de Física, técnicas e estratégias atuais de ensino para aplicação em sala de aula.

Nesta perspectiva, esta dissertação propôs a utilização do violão e do cavaquinho como ferramentas para o ensino de Acústica, cujos fenômenos sonoros são interpretados com ferramentas teóricas simples, através de uma abordagem dialógica na qual se buscou explorar as interpretações expostas pelos estudantes para os fenômenos sonoros. As interpretações surgidas durante o debate foram mediadas pelo professor pesquisador. Para Freire (1996, p. 25), “Ensinar não é transferir conhecimento. Mas criar possibilidades para a sua própria produção. Com isto, mais do que repassar conteúdo, o papel dos facilitadores é abrir caminhos”.

Dentro desta concepção de aprendizagem como construção de conhecimento, Vygotsky (1991) defende que o desenvolvimento humano se dá pelas trocas de experiências, interagindo com o meio social em que vive. Para ele, o processo de aprendizagem ocorre quando o estudante utiliza o que já sabe como ponte para a construção de um novo saber sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes, saindo de sua Zona de Desenvolvimento Real (ZDR) para a Zona de Desenvolvimento Potencial (ZDP). O professor é visto como uma figura essencial do saber por representar um elo intermediário entre o estudante e o conhecimento disponível no ambiente.

Neste contexto, foi feito inicialmente um levantamento preliminar, utilizando a rede social *whatsapp*, dos interesses, expectativas, relações com instrumentos musicais dos estudantes, entre outros, com o objetivo de trabalhar com temas mais presentes e reais na vida dos estudantes, aquilo que se convencionou chamar, na concepção freiriana, de “tema gerador”. Após aplicar a proposta e analisar seus resultados, percebe-se que os instrumentos que os discentes têm mais afinidade são o violão e o cavaquinho. O uso dessa ferramenta foi importante para os estudantes se expressarem, pois alguns não tinham o hábito de falar em sala de aula e na rede social interagiram melhor, expondo seu entendimento sobre o assunto.

A literatura aponta que existe uma lacuna na formação básica dos estudantes, usualmente eles não possuem noções científicas básicas que lhes permitam compreender o mundo real em que estão inseridos.

Os fatores que são determinantes para que isso ocorra estão relacionadas ao fato de que a Física é vista como algo não apenas difícil, mas igualmente aborrecido e que não está ligada às situações reais por eles vivenciadas no contexto social.

Verificamos que envolver os estudantes cognitivamente na tarefa de ler o mundo pela perspectiva dos conceitos científicos presentes, particularmente associar fenômenos sonoros com situações reais do cotidiano, mesclando com o uso dos instrumentos musicais, torna o estudo da acústica mais atrativa para discentes do Curso Técnico em Informática - 2º ano do Ensino Médio da Escola Estadual de Educação Profissional Professora Elsa Maria Porto Costa Lima na cidade de Aracati-Ceará.

A natureza dialógica das atividades foi um fator chave neste processo, pois permitiu explorar os limites explicativos das interpretações dos estudantes para os fenômenos sonoros observados de forma coletiva, cooperativa, interdisciplinar e democrática. Desenvolvendo nos estudantes mais autonomia e um pensamento crítico diante da sociedade na qual está inserido.

Destacamos também o papel do professor que atua como mediador, estimulando os estudantes a construírem seus conhecimentos. No processo, o professor se mantém imparcial, ouve as explicações dos estudantes sobre os fenômenos físicos observados e as coloca em debate, controlando a palavra para que todos tenham oportunidade para se expressarem. Após um breve intervalo de tempo, o professor sintetiza as opiniões dos discentes e extrai dessa síntese o conceito físico desejado.

Ressaltamos que a parceria com o professor de Artes e maestro da Banda Municipal de Música da cidade de Aracati, Anderson Silva, foi essencial para o sucesso do produto. O horário de aula disponível pela escola favoreceu a aplicação do produto Educacional Física  Música, no caso, as aulas eram sequenciais, nos primeiros horários Física e, em seguida, Artes. Totalizando, assim, três aulas disponíveis para trabalharmos a interdisciplinaridade.

As atividades experimentais utilizando os programas *Ripper* e *DaTurner* foram importantes para os estudantes explorarem vários conceitos relevantes da Física, como ondas, frequência, comprimento de onda, intensidade, altura, timbre e *etc.* Parâmetros esses que são importantes também para as pessoas que gostam de música. Vivenciando, desta forma, a interdisciplinaridade dentro da sala de aula.

Enfatizamos também que o jogo lúdico “FÍSICA 🎵 MÚSICA”, o lealce, foi construído pelos estudantes, como também a capa do produto educacional. Aqui, aproveitou-se habilidades dos estudantes da 2ª série do Curso técnico em Informática. Esse material contribuiu de maneira significativa para a revisão dos conteúdos discutidos em sala de aula e na verificação da aprendizagem.

A receptividade, motivação e interação dos estudantes observados durante a realização das atividades indicam que o produto Educacional Física 🎵 Música cumpriu seu objetivo de enfatizar os conceitos físicos, destacando a presença e importância dos mesmos nas situações do cotidiano.

REFERÊNCIAS

ABDOUNUR, O. J. **Matemática e música: o pensamento analógico na construção de significados** / Oscar João Abdounur.- 3ª. Ed. – São Paulo: Escrituras Editora, 2000.

ACORDES EM CORDAS. Vibração das cordas de um violão. 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5ICHZjnxgTs> Acesso em: 7 jun. 2019.

APLICATIVOS GRÁTIS. 2019. Disponível em: <https://www.aplicativosgratis.com.br/afinar-violao>. Acesso em: 7 jun. 2019.

ATHOSELECTRONICS. 2019. Disponível em: <https://athoselectronics.com/frequencia-como-funciona/>. Acesso em: 30 mai. 2019.

BACHELARD, G.. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento** Trad. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. BAKHTIN, M. (VOLOCHÍNOV, V. N.) ([1929-30], 2004). *Marxismo e filosofia da linguagem*. São Paulo: Hucitec. 11ª. Edição.

BIRZNEK, F.C. HIGA, I. A interação social em Paulo Freire e Vygotsky como referencial teórico na reflexão sobre as interações discursivas na aprendizagem de Física. In: **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências-enpec**, v. 11, p. 1-10, 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1944-1.pdf>. Acesso em: 20 out. 2019.

BONFIM, V; SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. Vygotsky na pesquisa em educação em ciências no Brasil: um panorama histórico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 1, p. 224-250, 2019. Disponível em: <http://revistas.educacioneditora.net/index.php/REEC/article/view/370>. Acesso em: 15 ago. 2020.

BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. EB. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 194-223, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/1087>. Acesso em: 15 ago. 2020.

BOSCARINO, J. .A. **O Ensino do Cavaquinho: uma abordagem metodologica**. 2002. 34 p. Monografia (Graduação em Licenciatura plena em educação Artística)- Universidade do Rio de Janeiro, Instituto Villa-Lobo, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.domain.adm.br/dem/licenciatura/monografia/albertoboscarino.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2020.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional** Nº . 9394/96.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **PCNs+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC, p. 144, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, p. 109, 2000.

CAMPOS, Gean Pierre da Silva. Matemática e Música: práticas pedagógicas em oficinas interdisciplinares. **Acedido dia**, v. 23, n. 11, p. 2016, 2009.

CANDAU, V. M. F.; KOFF, A. M. N. S. A Didática Hoje: reinventando caminhos. **Educação & Realidade**, v. 40, n. 2, p. 329-348, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-62362015000200329&script=sci_arttext. Acesso em: 05 mai. 2019.

CARDOZO, Laio Cavalcanti. **O ensino de Física através dos instrumentos musicais**. 2016. 70 p. Monografia (Graduação em Licenciatura em Física) - Universidade Federal Fluminense, Instituto de Física. Niterói, 2016. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/7335>. Acesso em: 05 mai. 2019.

CARVALHO, J. F. Evolução do pensamento matemático, das origens aos nossos dias. **Ciências e Cultura**. v.64, n.2, p. 52-55, 2012. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252012000200021. Acesso em: 23 jun. 2020.

CAVALCANTE, M. A.; PEÇANHA, R.; TEIXEIRA, A. C.. Ondas Estacionárias em cordas e determinação da densidade linear de um fio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.35, n.3, p.1-8, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172013000300021&script=sci_arttext. Acesso em: 23 jun. 2020.

CAZES, H. **Ensaio Músicos do Brasil: Uma Enciclopédia**. Disponível em . Data de acesso: 03 dez. de 2019.

CAZES, H. **Apanhei-te Cavaquinho 1º Episódio**. Lisboa: 2012. Disponível em: www.youtube.com/watch?v=30ETxHEAksY. Acesso em: 21 de mai. 2019.

CLVA. 2019. Disponível em: http://www.clva.com.br/pa/apostla_violao.pdf . Acesso em: 20 mai. 2019.

COSTA, C. A.; LOUREIRO, C. F. A interdisciplinaridade em Paulo Freire: aproximações político-pedagógicas para a educação ambiental crítica. **Revista Katálysis**, v. 20, n. 1, p. 111-121, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-49802017000100111&script=sci_arttext. Acesso em: 21 mai. 2019.

DE PAULA, J.; FIGUEIREDO, N.; DE ALCANTARA FERRAZ, D. P. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 127-145, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2020v37n1p127>. Acesso em: 23 dez. 2019.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. OQ. A coerência e complementaridade entre a teoria da aprendizagem significativa crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 3, p. 61-83, 2015. Disponível em:

<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/22>. Acesso em: 23 dez. 2019.

SILVA, P. O. et al. Os desafios no ensino e aprendizagem da Física no Ensino Médio. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 829-834, 2018. Disponível em: <http://www.faema.edu.br/revistas/index.php/Revista-FAEMA/article/view/593>. Acesso em: 23 nov. 2019.

DE CASTRO MARTINS, J. L. et al. Relações entre as concepções teóricas de Freire e Vygotsky: Um mapeamento bibliográfico no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências–ENPEC. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 12, p. e058121389-e058121389, 2019. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1389>. Acesso em: 22 Jan. 2020.

DELIZOICOV, D. **Conhecimento, Tensões e Transições**. 1991. 219 p. Tese (Doutorado em Educação)- Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, São Paulo, 1991. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/75757/82794.pdf>. Acesso em: 22 Jan. 2020.

EVANGELISTA, F. L.; CHAVES11, L. T. Uma proposta experimental e tecnológica na perspectiva de vygotsky para o ensino de física. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 1, p. 177-200, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/24013>. Acesso em: 22 Jan 2020.

FAZENDA, Ivani A. **Interdisciplinaridade: História, teoria e Pesquisa**. São Paulo: Papyrus, 1994.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 1ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 1968.

FREIRE, P. **Extensão ou Comunicação**. 18ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977, p. 54.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 50. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

FREIRE, R. D. Como será que eu afino? a relação entre sistemas de afinação e parâmetros de afinação na performance musical. **Revista Música Hodie**, v.16, n.2, 2016. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/musica/article/view/45333>. Acesso em: 22 Jan. 2020.

FLETCHER, N. H.; ROSSING, T. D. **The Physics of Musical Instruments**, Second Edition. New York: Springer, 1998.

GAMA, E. A. R. M. **Física e música no ensino médio a distância**. 2006. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Sukow da Fonseca – CEFET/RJ, Rio De Janeiro, 2006. Disponível em: <http://darnassus.if.ufrj.br/~marta/eduardo/EduardoGama-TeseMestrado.pdf>. Acesso em: 22 Jan. 2020.

GEHLEN, S. T.; DELIZOICOV, D. A função do problema: aproximações entre vygotsky e freire para a educação em ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, p. 347-368, 2020. Disponível em: <https://web.b.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authype=crawler&jrnl=15189384&AN=145461593&h=4dJfpFwr84catBXTem1nVyArtPCclDEdD1QJW2xZpr9BRrc6GMrwBsD%2bpB6VDIld0PfKo5Zu%2bNlccJ05xeOAuQ%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authype%3dcrawler%26jrnl%3d15189384%26AN%3d145461593>. Acesso em: 15 Jan. 2020.

GEHLEN, S. T. et al. Freire e Vigotski no contexto da Educação em Ciências: aproximações e distanciamentos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 2, p. 1-20, 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1295/129515476007.pdf>. Acesso em: 15 Jun. 2020.

GILIO, A. M. C. Pra que usar de tanta educação para destilar terceiras intenções?: jovens, canções e escola em questão. Movimento, **Revista da Faculdade de Educação da UFF**, Niterói, n.1, 2000. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/revistamovimento/article/view/32420>. Acesso em: 15 Jun. 2020.

GRAVANDO EM CASA. 2017. Disponível em: <http://gravandoemcasa.com/2017/12/curso-de-reaper-1-configurar-audio-e-primeira-gravacao/https://www.audiobshop.com.br/mesa-de-som-interface-de-audio-behringer-xenyx-302-usb-pr-235-403224.htm>. Acesso em: 20 jun. 2019.

GRILLO, M. L.; PEREZ, L. R. **Física e Música**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

GRILLO, M. L.; BRANDÃO, L. P. O violão no ensino de física. In: GRILLO, M. L.; PEREZ, L. R (Org.). **Física e Música**. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 61-76, 2016..

HALLIDAY, D. ; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física – vol.2 (Gravitação, Ondas e Termodinâmica)**. São Paulo, 9ª. Edição, Editora LTC 2012.

HÜMMELGEN, I. A. **O clarinete: uma Introdução à Análise Física do Instrumento**. Cad. Cat. Ens. Fis. v.13. n.2. p.139-153, 1996. Disponível: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7054/6530> Acesso em: 20 mai. 2019.

KRUMMENAUER, W. L.; PASQUALETTO, T. I.; COSTA, S. S. C. O uso de instrumentos musicais como ferramenta motivadora para o ensino de acústica no ensino médio. **Física na Escola**, v. 10, n. 2, 2009. Disponível: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol10/Num2/a07.pdf> Acesso em: 20 mai. 2019.

LAGO, B. L. A guitarra como um instrumento para o ensino de física ondulatória. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 1504, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172015000101504&script=sci_abstract&tlng=es. Acesso em: 15 Jun. 2020.

LIBÂNEO, J. C. As teorias pedagógicas modernas revisitadas pelo debate contemporâneo na educação. **Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade**. Campinas: Alínea, v. 1, p. 19-62, 2005. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45041632/correntes_pedagogicas_lib_oneo.pdf?1461517043=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAs_Teorias_Pedagogicas_Modernas_Revisita.pdf&Expires=1615652226&Signature=ZMiy2yWt2Ou1IlyBzaqBP1jXjjgxG4qx84vS2hD1Q2dkM470mW4hHe50ApgpDp7X9KZqEehFN1F9icTlxCs2RCPAgQO5laPyFH5iZr3677FWuNh7ETY5ntS~pINW5Zqt66lnP1iHDZznG24C9fWH~408GrX9DImorQCpBxv2xIP69OnusePBqD7SBNnCP9SH9-FEaV1dR0nkpOI3ygcPp-ksw9-IT0EJvJrBzxWjyF8AaavYYCyFdAmNgijmOs5SLm2wksqcoUQ8s6Z201GSRzdvV89lCzkXlhI28AztekgyoFg~rxhTcJfXHbKCdvoFBK0b6odLaxiprnbzSg_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 15 Jun. 2020.

LIMA, Diogo de Oliveira. **Instrumentos musicais no ensino de acústica**. 2028. 32 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Licenciatura em Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Araranguá/ SC, 2018. Disponível em: https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/927/monografia.diogo_de_oliveira_lima.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 15 Jun. 2020.

LÔBO, I.; GOUVÊA, G. Paulo Freire e ensino de Física: o caráter freireano dos relatos de experiência. In: **XXI SNEF - Simpósio nacional de ensino de física**, 22, 2017, São Carlos, SP. Disponível em: <http://www.unirio.br/ppgedu/DissertaoPPGEdulgorLboSiqueiraRodrigues.pdf> Acesso em: 20 mai. 2019.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARINHO, Karla et al. Sequência didática com o uso de um audiotermômetro para a inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de física. In: **XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF**, Salvador/BA: SBF, 2019. Disponível: <https://www.if.ufrj.br/~carlos/artigos/snef2019-audioterm.pdf> Acesso em: 20 mai. 2019.

MONTEIRO JÚNIOR, F. N. **Educação sonora: encontro entre ciências, tecnologia e cultura**. 2012. 315 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/102066>. Acesso em: 23 jan. 2020.

MONTEIRO JÚNIOR, F. N. Somando Funções Trigonométricas: uma reconstrução didática do conceito de timbre a partir de duas experiências pedagógicas. **Boletim de Educação Matemática**, v. 23, n. 36, p. 597-624, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2912/291221905003.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2020.

MORTIMER, E.F., SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.7, n.3, p.283-306, 2002. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/562>. Acesso em: 18 fev. 2020.

NUNES, A. O. **O ensino de óptica no nível fundamental: uma proposta de ensino aprendizagem contextualizada para a oitava série**. 2006. p.164 Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/16121> Acesso em: 15 mai,2019.

OLIVEIRA, A. D.;ROCHA, D,C.; FRANCISCO, A.C. A Ciência cantada: um meio de popularização da ciência de um recurso de aprendizagem no processo educacional. in: **Seminário Nacional de Educação Profissional e Tecnológica**, v.1, Belo Horizonte: CEFET-MG, 2008. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/setembro2012/biologia_artigos/musica_ciencias.pdf Acesso em: 30 mai,2019.

PARTITURA DE MUSICA. 2019. Disponível em: <https://www.partiturademusica.com.br/img/teoria/violao/30-partitura-de-musica-ordem-das-cordas-no-instrumento.png> Acesso em: 30 mai,2019.

PEREIRA, R. A. **A física da música no Renascimento: uma abordagem histórico-epistemológica**. 1998. 107 p.Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. PIAGET, São Paulo/SP, 1998. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-22022011-102757/en.php>. Acesso em: 03 mar. 2020.

PIAGET, Jean. **Para Onde vai a Educação?** Rio de Janeiro: José Olympio, 1998.
PINO, A. **As marcas do humano: às origens da constituição cultural da criança na perspectiva de Lev S. Vigotski**. São Paulo: Cortez, 2005.

POPPER, K. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Editora Cultrix,1975.

PROJETO APRENDIZ. **Apostila de Ensino – Violão (Módulo I)**, p. 6, 2015. Disponível em: http://www.clva.com.br/pa/apostila_violao.pdf. Acesso em: 10 nov. 2020.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. CA. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-47442007000200010&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 18 fev. 2020.

ROSSING, T. D. **The Science of Sound**. U.S.A.: Addison Wesley, 1990.

SADIE, S. **Dicionário Grove de Música**. Rio de Janeiro: Zahar, 1994.

SAITO, M. T.; GIMENES, K. S.; SILVA, R. C.; RAMOS, I. de O.; Gurgel, I. Os usos do celular: uma proposta de abordagem temática na perspectiva freiriana. In: **Simpósio nacional de ensino de física**, Uberlândia/MG, SBF, 2015.

OLIVEIRA, E. B. **A interdisciplinaridade na perspectiva de integrar as disciplinas da área de ciências da natureza e matemática**. 2016.221. P. Dissertação (Mestrado Ensino na Educação Básica). Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus – ES, 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/161368479.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2020.

SERWAY, R. A; JEWERR JR., J. W. **Princípios de Física: Oscilações, Ondas e Termodinâmica**. São Paulo: Cengage Learning, p. 230, 2014.

SILVA, D. K. **A física e os instrumentos musicais construindo significados em uma aula de acústica**, 2017. 147 p. Dissertação (Mestre em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física, Porto Alegre/PR, 2017. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/174341>. Acesso em: 30 abr. 2020.

SILVA JR, R. S.; MILTÃO, B. M. S. R. O fenômeno acústico e o ensino médio: utilização de instrumentos musicais como incentivo para o ensino de acústica; o caso do cavaquinho. **Caderno de Física da UEFS**, v. 13, n. 02, p. 2401.1-36, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Romualdo-S-Silva-Jr/publication/325698435_O_FENOMENO_ACUSTICO_E_O_ENSINO_MEDIO_UTILIZACAO_DE_INSTRUMENTOS_MUSICAIS_COMO_INCENTIVO_PARA_O_ENSINO_DE_ACUSTICA_O_CASO_DO_CAVAQUINHO/links/5b1ec6b0458515270fc4663a/O-FENOMENO-ACUSTICO-E-O-ENSINO-MEDIO-UTILIZACAO-DE-INSTRUMENTOS-MUSICAIS-COMO-INCENTIVO-PARA-O-ENSINO-DE-ACUSTICA-O-CASO-DO-CAVAQUINHO.pdf. Acesso em: 30 abr. 2020.

SILVA, S. M. C.; ALMEIDA, C. M. C.; FERREIRA, S. Apropriação Cultural e Mediação Pedagógica: Contribuições de Vigotski na Dissertação do tema. **Psicologia em Estudo**. V.16, n 2, p.219-228,.2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-73722011000200005&script=sci_arttext. Acesso e m: 30 mai. 2020.

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. O papel da problematização freireana em aulas de ciências/física: articulações entre a abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, n. 4, p. 911-930, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132015000400008&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 18 jul. 2020.

SOUSA, P. S.; SANTO, L. H. S.; REIS, Y. A.; GEHLEN, S.T. Abordagem temática freiriana no ensino de Ciências/Física: uma experiência no Estágio Supervisionado em Física. In: **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Uberlândia/MG, SBF, 2015. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/download/100/71> Acesso em: 15 mai,2019.

TABORDA, Marcia. **Violão e identidade nacional**. Editora José Olympio, 2011, p. 57.

UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/2862/4/MLQueiroz.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2019.

UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2020. <http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/>. Acesso em: 10 out. 2019.

UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/> Acesso em: 10 out. 2019.

USP, Universidade de São Paulo. 2019. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2493413/mod_resource/content/2/CordasVibrantes%20-%20Guia%20de%20Estudos.pdf. Acesso em: 30 mai. 2019.

VIANA, J. A. S. **Banda musical Sustentável: Confecção de instrumentos musicais no ensino da acústica**. 2018. 122 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade de Brasília, Instituto de Física da Universidade de Brasília, 2018. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33921/1/2018_Jos%c3%a9AlexVianadaSilva.pdf. Acesso em: 18 jul. 2020.

VIOLÃO MANDRILHO. 2019. Disponível em <http://www.violaomandrilho.mus.br/>. Acesso em: 30 mai. 2019.

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

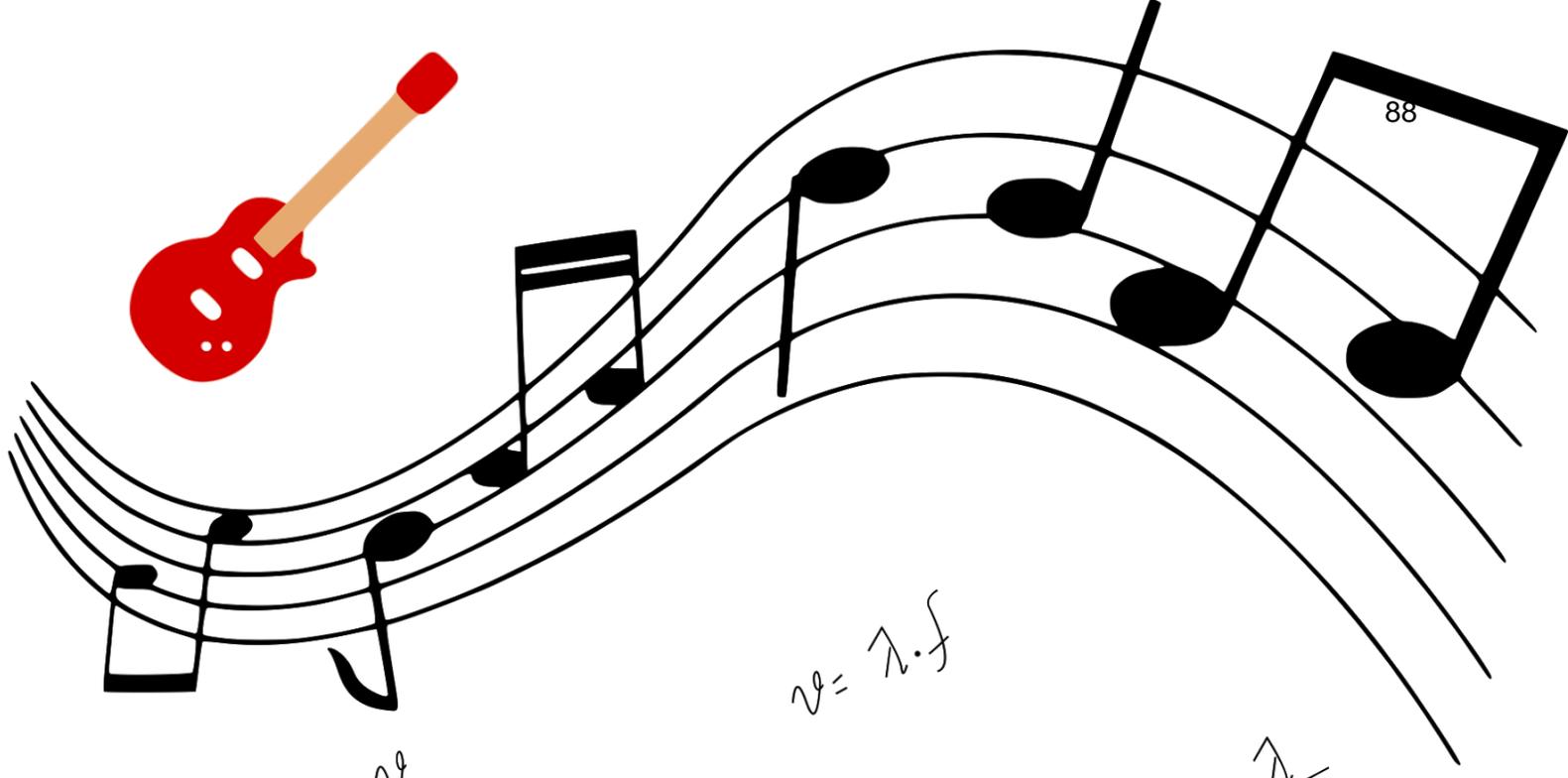
VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Tradução: José Cipolla Neto, Luís Silveira Menna Afeche e Solange Castro Afeche. 6ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VYGOTSKI, L.S. **Pensamento e linguagem**. (2.ª Ed.). São Paulo: Martins Fontes, 2003.

WERNECK, V. R. Sobre o processo de construção do conhecimento: o papel do ensino e da pesquisa. **Revista Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, v. 14, n. 51, p. 173-196, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-40362006000200003&script=sci_abstract&tlng=es. Acesso em: 18 jul. 2020.

ANEXO



$$f = \frac{n \cdot v}{2L}$$

$$v = \lambda \cdot f$$

$$L = n \frac{\lambda}{2}$$

FÍSICA & MÚSICA

VIOLÃO E CAVAQUINHO

CLÁUDIA SOARES FEITOSA BARBOSA
ERLANIA LIMA DE OLIVEIRA
PÓLO 9 MNPEF - UFERSA



$$L = \frac{\lambda}{2}$$

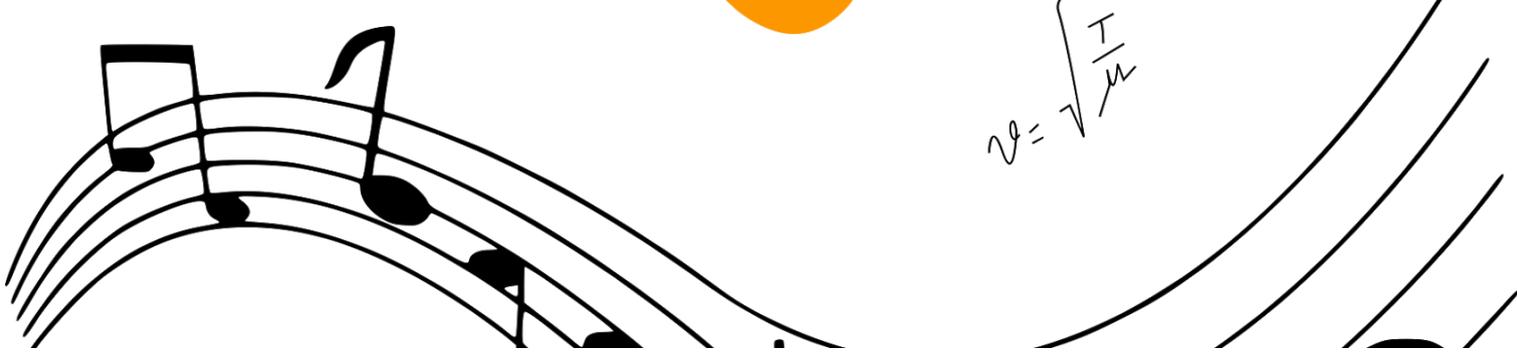
$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

$$L = 3 \cdot \frac{\lambda}{3}$$

$$L = 2 \cdot \frac{\lambda}{2}$$



$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$





APRESENTAÇÃO

Prezados (as) professores (as)



Atualmente, temos a tarefa de formar cidadãos capazes de entender o mundo, embebido de Ciência e de Tecnologia que os cerca, sendo estes preparados para se posicionarem no meio social e cultural que vivem.



Diante desse desafio, é necessário fomentar ações para despertar nos estudantes um ambiente de discussão a partir de seus conhecimentos prévios, para assim desenvolverem um conhecimento científico. Uma dinâmica que pode contribuir para envolver cognitivamente o estudante no estudo do conteúdo de acústica é o uso dos instrumentos musicais.



Desta forma, optou-se por apresentar uma sequência didática (SD) apresentada nas próximas páginas, que compõe o Produto Educacional da dissertação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. O mesmo consiste em uma sequência didática, “FÍSICA 🎵 MÚSICA”, que compõe o produto educacional final da dissertação intitulada, “A Interdisciplinaridade e a Utilização de Instrumentos Musicais como Incentivo para o Ensino de Acústica: Estudo de Caso do Violão e Cavaquinho”.



A construção do produto educacional mencionado fundamentou-se na teoria sociointeracionista de Vygotsky e na perspectiva problematizadora de Paulo Freire.

A sequência didática desenvolvida encontra-se em formato de livreto, contendo uma sequência detalhada de atividades que inclui testes de sondagem e atividades experimentais para o uso do violão e do cavaquinho em sala de aula. Tem-se como objetivo propor uma metodologia alternativa

que oportunize aos estudantes envolvidos discutir e aplicar os conceitos de Acústica com vista a uma reflexão crítica e autônoma. Esta sequência pode ser adaptada à realidade do professor e de seus estudantes.

Autores

1. INTRODUÇÃO

VAMOS REFLETIR...

Este trabalho centra sua atenção na elaboração e na aplicação de uma proposta pedagógica, utilizando instrumentos de cordas como o violão e o cavaquinho para o desenvolvimento de uma abordagem interdisciplinar que envolve Arte e Ciências.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Física orientam que o ensino deve ser contextualizado, levando em consideração as experiências vividas pelos alunos, priorizando conteúdos que ajudem a desenvolver autonomia intelectual e pensamento crítico.

No entanto, as práticas escolares estão cada vez mais distantes da realidade vivenciada pelos estudantes. Uma das maiores dificuldades encontradas no ensino de Ciência está no fato de a Ciência, e muito em particular, a Física, ser vista como algo difícil e desconectada do cotidiano (SILVA JR; MILTÃO, 2015).

Diante disso, o papel do professor de Física é de buscar novas práticas pedagógicas que envolvam aspectos sociais e culturais, que são muito importantes na formação do estudante. Em sua obra “Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa”, Freire afirma que (1996, p. 25), “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua própria produção. Com isto, mais do que repassar conteúdo, o papel dos facilitadores é abrir caminhos”.

Vygotsky (2003) destaca a importância do papel do professor como agente indispensável do processo de ensino aprendizagem. Nessa perspectiva, cabe ao educador propiciar experiências adequadas para que a aprendizagem do aluno ocorra de modo satisfatório. Com base nessa relação dialógica, é preciso considerar, sobretudo, as estruturas cognitivas que o aluno já traz consigo, facilitando, assim, a apropriação de novos conhecimentos.

Neste sentido, a realização deste trabalho faz-se relevante, pois o estudo do violão e do cavaquinho são objetos de intensa observação científica e oportunizam as mais diversas situações que permitem relacionar o conteúdo de acústica com o cotidiano dos alunos. Assim, tem-se a Física como uma das formas de arte que mais encantam o ser humano.

2. APLICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS EM SALA DE AULA

2.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Este trabalho se fundamenta na Teoria sociocultural de aprendizagem do psicólogo Lev Vygotsky (1896 – 1934), este explicita que o conhecimento ocorre a partir das relações sociais, seja da história ou da cultura onde o indivíduo está inserido, afirmação que corrobora com a concepção do educador brasileiro Paulo Freire (2003).

A aplicação poderá ser dividida em momentos, correspondendo ao desenvolvimento das etapas da sequência didática descrita na (Tabela 1). Indica-se que as aulas sejam registradas por meio de fotos, vídeos, gravações e anotações, pois é um instrumento importante para acompanhar o desenvolvimento dos estudantes e ainda como autoavaliação.

É necessário seis encontros/aulas para aplicação dessa sequência didática, mas poderá ser adaptado pelo professor conforme o tempo disponível para se trabalhar. Sugeri-se também dividir os estudantes em grupos, de 5 a 6, conforme a quantidade de alunos.

Tabela 1: Etapas dos Encontros - Aulas

Etapas (Encontros)	Objetivos
Primeira Etapa (Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos)	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="624 1323 1455 1391">☐ Verificar se os alunos tinham algum interesse musical, bem como se tocavam algum tipo de instrumento. <li data-bbox="624 1402 1455 1503">☐ Aplicar um questionário utilizando o <i>Google Forms</i> para verificar quais os instrumentos musicais os alunos tinham mais afinidade. <li data-bbox="624 1514 1455 1581">☐ Utilizar a rede social <i>whatsapp</i> para dinamização e interação entre professor e alunos.

<p>Segunda Etapa</p> <p>(Organizador prévio e problematização inicial)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Manter a dinâmica de interação entre o professor e os alunos. <input type="checkbox"/> Introduzir o tema acústico, abordando alguns conceitos necessários para o desenvolvimento das atividades que serão propostas posteriormente. <input type="checkbox"/> Utilizar os instrumentos musicais violão e cavaquinho. <input type="checkbox"/> Abordar os fenômenos físicos estabelecendo relações entre violão e cavaquinho. <input type="checkbox"/> Definir som como uma onda, conceituar a frequência, o comprimento de onda, período e amplitude de uma onda e, por fim, definir a velocidade de uma onda.
<p>Terceira Etapa</p> <p>(vibração em uma corda – Modos Normais das cordas vibrantes)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Fazer uso do aplicativo <i>Da Turner</i> que possui a funcionalidade de afinador. <input type="checkbox"/> Verificar as notas produzidas no aplicativo. <input type="checkbox"/> Abordar as características da produção do som através da vibração de uma corda e a sua qualidade fisiológica do som através da altura do som. <input type="checkbox"/> Verificar os modos de vibração em uma corda vibrante, os harmônicos dos instrumentos musicais violão e cavaquinho. <input type="checkbox"/> Verificar as relações entre o som produzido numa corda vibrante e os parâmetros da corda que influenciam esse som.
<p>Quarta Etapa</p> <p>(Análise espectral do som - Timbre)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Analisar espectral do som (timbre). <input type="checkbox"/> Oportunizar a exploração da qualidade fisiológica do som através do programa Ripper com a placa de áudio <i>Xenyn</i>. <input type="checkbox"/> Permitir distinguir o timbre dos instrumentos musicais explorados mesmo que estejam emitindo a mesma nota musical (mesma altura). <input type="checkbox"/> Construir o aprendizado de maneira coletiva ao que se deseja aguçar em relação à curiosidade do aluno.
<p>Quinta Etapa</p> <p>(Utilização da Trilha FÍSICA e MÚSICA)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Desenvolver e aplicar um jogo lúdico “FÍSICA  MÚSICA” com a finalidade de verificar a aprendizagem dos conteúdos discutidos no decorrer do projeto.

Fonte: Própria (2020).

A seguir faz-se uma descrição de cada Etapa (encontro das aulas).

3.2 DESCRIÇÃO DA PRIMEIRA ETAPA

Deve-se realizar como ponto de partida para organizar as atividades um levantamento da realidade dos estudantes a fim de obter um tema gerador. Para Freire (1987), a utilização de temas geradores colabora para o processo de transformação da sociedade, formando espaços multi e interdisciplinares. Esta etapa sugeri-se que o professor dividida-a em dois momentos, o primeiro é a aplicação de

um questionário através da ferramenta *Google Forms* como forma de verificar quais os instrumentos musicais que os estudantes têm mais afinidades.

No segundo momento indica-se a utilização de uma rede social chamada de *whatsapp* com objetivo de identificar as informações e saberes dos estudantes em relação aos instrumentos musicais.

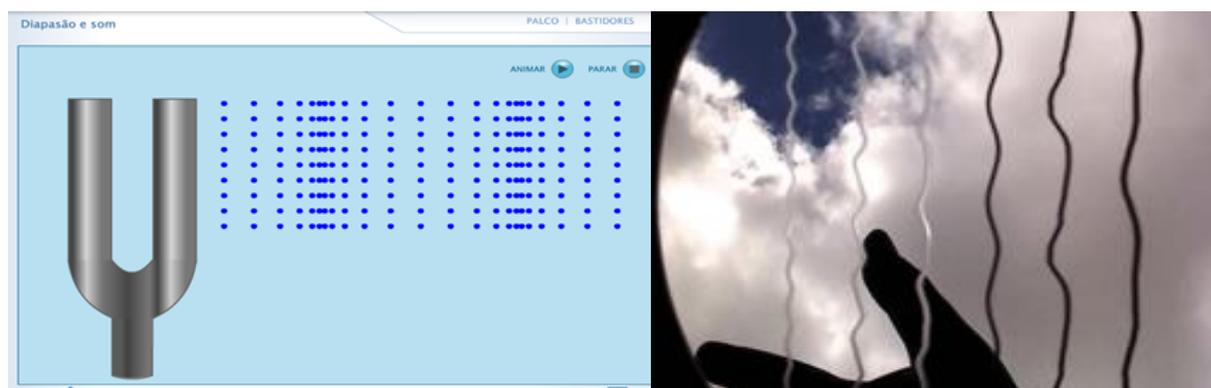
A partir da problematização do conteúdo pode-se realizar algumas perguntas para explorar os conhecimentos prévios dos discentes, baseando-se na teoria vygotskyana, a qual defende que o processo de construção do conhecimento ocorre através da interação do sujeito historicamente situado com o ambiente sociocultural onde vive. Recorrendo também à concepção de Freire (1996, p.23), na qual, ele explicita que, “ensinar não é transmitir conhecimento, mas criar possibilidades para sua produção ou construção”.

3.2.1 Descrição da Segunda Etapa

A segunda etapa tem o objetivo de ampliar as discussões. É proposto que você professor faça uma abordagem dos tópicos de forma dialogada com um espaço aberto para a participação dos estudantes. Inicialmente poderá ser feito alguns questionamentos de forma provocativa para instigar o debate. Neste momento você docente deverá se manter imparcial, ouvindo os discentes sem informar quem está certo ou errado, apenas mediando o processo, ou seja, controlando a palavra para que todos tenham espaço para se expressarem.

Recomenda-se ainda, a utilização de simuladores e vídeos para aprofundar o debate. Como por exemplo, a simulação disponível em www.if.ufrj.br/, na qual, um diapasão emite uma onda sonora que se propaga no meio a partir de variações de pressão Figura A2 e o vídeo disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=5ICHZjnxgTs>, que serve de base para o entendimento e visualização de uma onda estacionária numa corda com se apresenta na Figura B2.

Figura 2.- Simulação e vídeo como recurso pedagógico no ensino de Acústica



(A) Aplicativo simulação computacional **(B)** Instantâneo do vídeo sobre cordas vibrantes de um violão

Fonte: UFRJ (2019).

Fonte: [Acordes em Cordas](#) (2018).

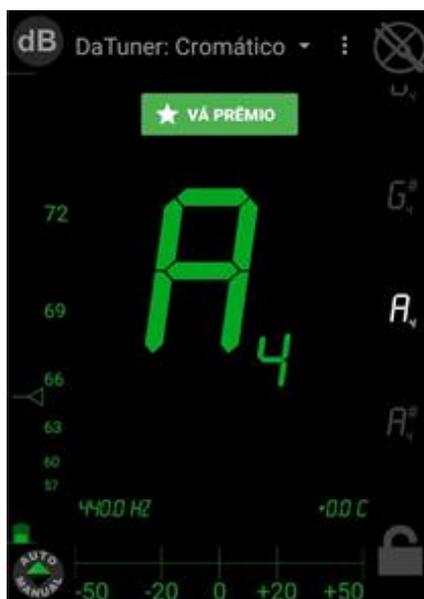
Por fim, proporcione aos estudantes manusearem o violão e o cavaquinho, onde poderão discutir alguns fenômenos físicos num procedimento dialógico, no qual se busca explorar as interpretações dos discentes para os fenômenos examinados.

A ideia é que eles conheçam as partes dos instrumentos e seus sons e se apropriem de suas características, para um futuro trabalho direcionado. Se faz necessário pedir aos estudantes que analisem minuciosamente, com olhar científico, identificando características físicas de cada um deles.

3.2.2 Descrição da Terceira Etapa

Nesta etapa é sugerida a utilização do *smartphone* com o aplicativo *DaTuner* que possui a funcionalidade de afinador de instrumentos musicais.

Figura 3 : Uma das interfaces do Afinador *DaTuner*



Fonte: Aplicativos grátis (2019).

O professor deverá explicar como funciona o programa e solicitar que os os estudantes façam o *download* do aplicativo *DaTuner* (Figura 3), ele é gratuito no [Google playstore](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bork.dsp.datuna&hl=pt_B)(https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bork.dsp.datuna&hl=pt_B).

3.2.4 Descrição da Quarta Etapa

Neste encontro, será estudado o espectro do som (timbre) através do programa Ripper e a placa de áudio *Xenyx*. Para essa atividade propõem-se a parceria do professor de Artes ou Música. Para este momento indica-se o uso do violão, cavaquinho, computador, data *show*, *Notebook*, cabos, extensões e uma placa de áudio com entrada *USB Xenyx 302*.

Inicialmente, o professor deverá explicar como funciona o programa e as atividades que serão realizadas. Ao longo desta etapa surgeri-se dividir a turma em grupos e, em seguida, distribuir um roteiro a cada grupo. Com o programa *Ripper* e a placa de áudio *Xenyx* os estudantes pode obter os espectros dos dois instrumentos musicais.

O *software* (Fig. 4) possibilita a observação da frequência e,

conseqüentemente, um melhor entendimento dos harmônicos de cada nota correspondente.

Figura 4: O Software Ripper

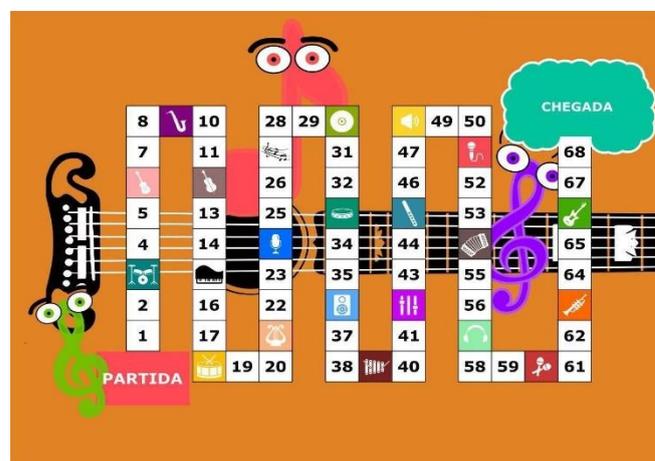


Fonte: Própria (2020).

3.2.5 Descrição da Quinta Etapa

Neste encontro indica-se fazer uso de um jogo pedagógico com o objetivo de reforçar as discussões e socialização dos saberes. O jogo consiste em uma trilha, a Física ♩ Música. A trilha conta com sinais, instrumentos musicais e acessórios musicais, que aparecem a cada duas casas (Figura 5), ao cair nestas casas o estudante deverá responder perguntas sobre ondulatória, envolvendo, assim, todo processo que foi trabalhado nos encontros, em um formato lúdico e interdisciplinar, vale ressaltar que as perguntas podem ser simples ou mais complexas. Isso varia de acordo com o nível de conhecimento da turma. Ganha quem chegar primeiro na casa com a palavra CHEGADA.

Figura 5: A trilha Física ♩ Música.



Fonte: Própria (2020).

A trilha é composta de 22 peças, alguns exemplos podem ser vistos na Fig. 12, sendo uma excelente estratégia para finalizar o conteúdo de Acústica, podendo ser adaptado a outros conteúdos como forma de revisão, além disso, pode revelar as dificuldades ainda persistentes no processo de ensino e aprendizagem. Para jogar a trilha Física ♩ Música é preciso a trilha, um dado, as cartas e as peças para os alunos movimentarem o jogo, além de estar familiarizado com as regras que serão apresentadas em seguida.

A trilha se dá de forma coletiva, e o objetivo é alcançar a casa com a palavra CHEDAGA usando conhecimentos de acústica.

- 1) O jogador 1 deverá jogar o dado;
- 2) Em seguida andará o número de casas que saiu no dado;
- 3) Ao chegar na casa destinada e se for um número o mesmo permanece na casa.
- 4) Mas se o jogador 1 cair em uma casa de desafio, que são os instrumentos musicais e acessórios, o mesmo deverá responder a uma pergunta;
- 5) Se ele acertar, terá o direito a uma premiação, como jogar mais uma vez. Entretanto, se errar terá uma punição, como ficar uma rodada sem jogar;
- 6) Seguindo o *gamer* será a vez do jogador 2 e assim sucessivamente.

Ganha quem alcançar primeiro a casa com a palavra CHEDAGA.

3.3 ATIVIDADES PROPOSTAS

As atividades realizadas em sala de aula servem para levantar questionamentos iniciais e provocativos que suscitam dúvidas e permitam que os estudantes apresentem e discutam o processo de raciocínio na resolução de problemas.

3.3.1 Segundo e Terceiro Encontros

Este momento tem como objetivo estudar a relação da frequência do violão e do cavaquinho com algumas características do som, como comprimento da *corda* (L), *tensão* (T), densidade (μ) e altura. Para isso, será utilizado um *smartphone* com aplicativo *DaTuner*.

Reorganizando Conceitos: problematização inicial (*tempo estimado = 30 minutos*)

Na tentativa explorar as interpretações dos estudantes, surteri-se que inicie o encontro com um diálogo junto aos discentes sobre o processo de produção do som e proporcione aos estudantes manusearem o violão e o cavaquinho.

- I. Leve para a sala de aula uma corda ou uma mola e realize algumas problematizações para provocar um debate. Por exemplo, submeta a mola a uma perturbação em um dos pontos e pergunte como essa perturbação é transmitida, em seguida, varie a direção da perturbação para diferenciar uma onda transversal de uma longitudinal.
- II. Apresente o violão e o cavaquinho para os estudantes e peça para vibrarem as cordas dos instrumentos e questione:
 - a. Por que quando as cordas são vibradas elas produzem som?
 - b. O que é som?
 - c. Esse som pode ser produzido no vácuo?
- III. Pegue o violão e o cavaquinho e peça para os estudantes vibrarem uma corda solta do violão. Logo após, peça para apertar o dedo em uma das cordas e tocar novamente. Após realizar essa atividade, faça alguns questionamentos provocativos, como por exemplo:
 - a. Por que quando aumenta a frequência o comprimento da onda diminui?
 - b. Por que quando o comprimento da onda mudou a frequência também mudou?
 - c. Por que quando aumentamos a frequência o som fica mais agudo?
 - d. Podemos afirmar que a frequência é responsável pela classificação dos sons como agudos ou graves?

- IV. Introduzir o conceito da velocidade de propagação da onda na corda ($v = \lambda \cdot f$) e comentar sobre a faixa audível para os seres humanos: entre 20 Hz a 20 kHz.
- V. Durante o processo de realização da atividade com o violão e o cavaquinho realize variações no comprimento livre das cordas, na tensão das cordas, faça vibrar cordas de diferentes espessuras e pergunte o que acontece.
- VI. Pegue o violão e o cavaquinho e faça os seguintes questionamentos aos alunos: O som do violão e do cavaquinho é diferente? Por quê?

No decorrer do debate o professor deverá se manter imparcial, apenas mediando o processo e observando as concepções dos estudantes sobre o tema. Após os conceitos serem construídos reflexivamente eles poderão ser anotados na lousa durante a aula por um estudante para associar com as equações físicas.

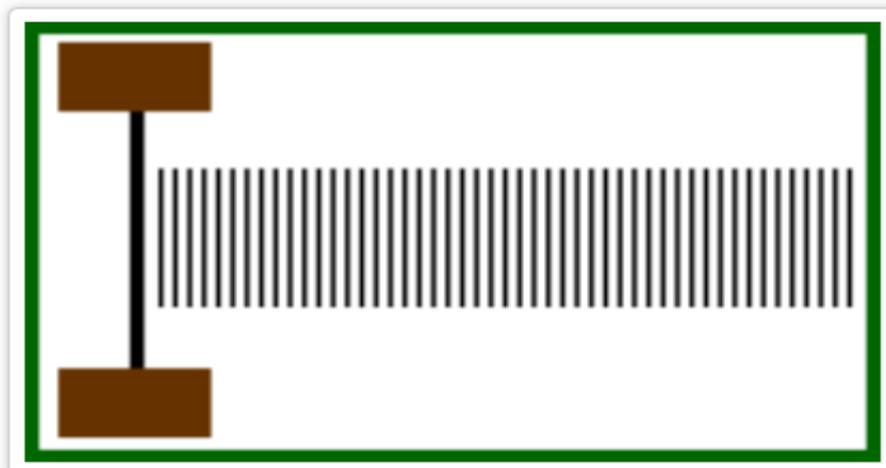


PARADA OBRIGATÓRIA

I. **Onda** é uma perturbação que se propaga e carrega consigo momento, energia e informação. (BORGES, p.31,2017)

II. **Onda Mecânica** é uma perturbação que se propaga em um meio físico, transportando energia, mas sem transportar matéria.

Para ampliar as discussões sobre as características das ondas indica-se a utilização do *GIF* de animação para ver o simulador da produção de onda em uma corda (Figura 6).

Figura 6: Simulador virtual

Fonte: UFMG (2020).

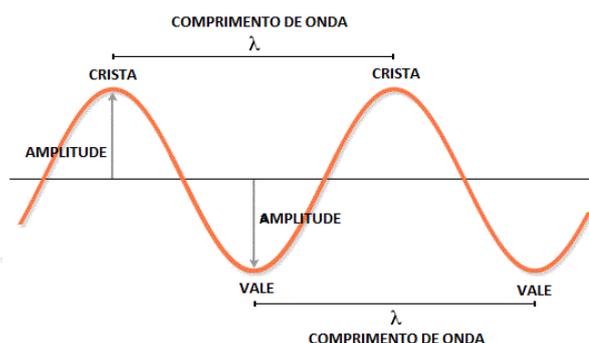
Explorando as propriedades das ondas sonoras: (estimamos uns 10 minutos).



OLHANDO DE PERTO

1. **Comprimento de onda:** O comprimento de onda é dada pela distância entre duas cristas consecutivas ou a distância entre dois vales consecutivos SILVA (2018), também pode ser definido como a “distância entre quaisquer partes idênticas e sucessivas” (HEWITT, 2002, p.331). A unidade de medida de λ é o metro (m), Figura 7.
2. **Amplitude da onda:** Amplitude pode ser identificada como o alcance máximo de uma oscilação: A amplitude do movimento, designada por A, é o módulo máximo do vetor deslocamento do corpo a partir da posição de equilíbrio (YOUNG; FREDMAN, 2008,P,37). O período designado por “T”, é o tempo necessário para que ocorra uma oscilação completa, ou seja, é o tempo correspondente a um ciclo” (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p. 37).

Figura 7: Representação de uma onda periódica



Fonte: ATHOS ELECTRONICS (2019)

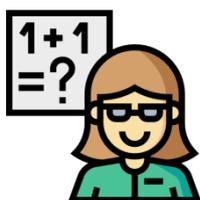
3. **Velocidade de uma onda numa corda:** A velocidade de uma onda está relacionada com a distância que a onda percorre em um determinado tempo. Ela pode se definir para uma corda como

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}, \quad \mu = \frac{m}{l}$$

Onde T é a tensão aplicada na corda e μ densidade linear da corda que representa a relação entre a massa e o comprimento da corda.

Procedimento experimental (tempo estimado = 30 minutos).

Após o debate inicial de ideias solicite que os estudantes utilizem o aplicativo *DaTuner* no *smartphone* para captar as frequências do cavaquinho e do violão. O objetivo desta atividade é discutir a relação da frequência com a altura do som, com o comprimento de onda, tensão aplicada e a densidade da corda. Mostrando porque o som do cavaquinho é mais agudo do que o do violão.



Agora vamos colocar em prática.

1. Com o uso do aplicativo *DaTuner*, que possui a funcionalidade de afinador. Acesse em seu celular o *Playstore* e baixe o programa *Da Tuner* (Fig, 8).

Figura 8: Uma das interfaces do Afinador *Da Tuner*



Fonte: Aplicativos grátis (2019).

- Com o aplicativo *Da Tuner* já feito *download*, utilize a tela do aplicativo, onde é possível ver as frequências das notas produzidas e toque em cada uma das cordas dos instrumentos e anote o valor captado pelo aplicativo nas tabelas 2 e 3.

Violão:

Tabela 2: Frequências das notas na corda do violão.

Corda 1ª: E	_____ hz
Corda 2ª: B	_____ hz
Corda 3ª: G	_____ hz
Corda 4ª: D	_____ hz
Corda 5ª: A	_____ hz
Corda 6ª: E	_____ hz

Fonte: Própria (2020).

Cavaquinho:

Tabela 3: Frequências das notas na corda do cavaquinho.

Corda 1ª: D	_____ hz
Corda 2ª: B	_____ hz
Corda 3ª: G	_____ hz
Corda 4ª: D	_____ hz

Fonte: Própria (2020).

Após a realização deste experimento sugeriu-se que o professor coloque em debate novos questionamentos sobre o porquê da diferença do som produzido pelo violão e o cavaquinho e observe se novas interpretações são postas.

Como o objetivo de mostrar a relação da frequência com o comprimento livre da corda é realizada a seguinte atividade:

- Peça para os estudantes diminuírem o comprimento livre da corda, pressionando o dedo numa determinada casa, e medirem novamente as frequências em todas as cordas do violão e cavaquinho. Anote os dados coletados nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4: valores das frequências e notas para um determinado comprimento de corda

Cordas e cifras	Casas escolhidas	Nota	Frequências
6ª = E	5ª		
5ª = B	5ª		
4ª = G	5ª		
3ª = D	5ª		
2ª = A	5ª		
1ª = E	5ª		

Fonte: Própria (2020).

Tabela 5: valores das frequências e notas para um determinado comprimento de corda

Cordas e cifras	Casas escolhidas	Nota	Frequências
4ª = D	4ª		
3ª = G	4ª		
2ª = B	4ª		
1ª = D	4ª		

Fonte: Própria (2020).

Neste momento o professor poderá discutir a relação da frequência com o comprimento da corda.



PENSE E RESPONDA

Sugere-se que os discentes realizem em grupo o pense e responda e que o docente debata com eles as respostas.

4. A partir da análise das sonoridades, descreva a diferença existente entre a sonoridade da corda solta e da corda pressionada. Justifique.

5. No caso do violão, existe diferença no som produzido quando varia a espessura da corda? Justifique.

6. Por que as cordas do violão devem ser maiores que as cordas do cavaquinho?

7. O que acontece se você tensionar um pouco mais as cordas? Tencione, realize a medida novamente e registre os resultados nas tabelas 6 e 7, abaixo:

Tabela 6: Frequências e Tensões nas cordas do violão.

Cordas	Frequências f (Hz)	Tensões T (N)
6ª = E		
5ª = B		
4ª = G		
3ª = D		
2ª = A		
1ª = E		

. Fonte: Própria (2020).

Tabela 7: Frequências e Tensões nas cordas do cavaquinho.

Cordas	Frequências f (Hz)	Tensões T (N)
4ª = D		
3ª = G		
2ª = B		
1ª = D		

. Fonte: Própria (2020).

8. Quando apertamos a corda numa determinada casa, o som emitido por essa corda muda. Qual a variável que estamos modificando, ao apertarmos a corda em casas diferentes?

Com a realização dessas atividades, o estudante poderá relacionar as propriedades da corda (comprimento l , densidade linear μ e tensão T) com as frequências que ela pode produzir. Por exemplo, cordas mais longas produzem sons mais graves (baixas frequências). Cordas mais curtas produzem sons mais agudos.

9. Para realizar esta atividade será necessário o violão, o cavaquinho, uma balança eletrônica, uma trena e um *smartphone* com o aplicativo *Da Tuner* para captar as frequências em cada corda. De posse do roteiro siga atentamente cada passo:
- a. Pegue a trena e meça o comprimento de cada corda;
 - b. Em seguida, pegue a balança e coloque a corda para adquirir a massa;
 - c. De posse dos dados utilize a equação de Tylon, $\mu = m/L$, para calcular a densidade dos instrumentos musicais;
 - d. Solicite aos estudante que abra o aplicativo DaTuner no *smartphone* e selecione a tela na qual é possível medir a frequência.
 - e. Utilize a equação $f_n^2 = \frac{n^2 T}{4l^2 \mu}$ para calcular as tensões sobre cada corda;
 - f. Conhecendo-se as tensões e as densidades da corda a velocidade da onda na corda é calculada pela equação $v = \sqrt{T/\mu}$;
 - g. Coloque os resultados obtidos nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8: Densidade, frequências, tensões e velocidade nas cordas do violão.

Cordas	Densidades (kg/m)	Frequências f (Hz)	Tensões (N)	Velocidade (m/s)
6 ^a = E				
5 ^a = B				
4 ^a = G				
3 ^a = D				
2 ^a = A				
1 ^a = E				

Fonte: Própria (2020).

Tabela 9: Densidade, frequências e tensões nas cordas do cavaquinho.

Cordas	Densidades (kg/m)	Frequências f (Hz)	Tensões (N)	Velocidade (m/s)
4 ^a = D				
3 ^a = G				
2 ^a = B				
1 ^a = D				

Fonte: Própria (2020).

3.2.2 Quarto Encontro

Este momento tem como objetivo estudar a configuração da onda estacionária. Para o encontro sugere-se a parceria do professor de Artes ou Música que trabalhará o contexto musical, discutindo conceitos como os harmônicos dos instrumentos, frequência, timbre, altura, intensidade e etc. Em seguida, a professora (o) de Física fará a relação matemática entre essas grandezas e as equações físicas da acústica. Para melhor aprofundar o aprendizado do estudante indica-se que disponibilize um vídeo com o intuito de facilitar a aplicação da atividade desta sequência didática.

Reorganizando Conceitos: problematização inicial (tempo estimado = 20 minutos)

- (i) Vibre a mesma nota no violão e no cavaquinho e questione os alunos:

- a. Qual o padrão das ondas produzidas quando tocamos as notas no cavaquinho e no violão?
 - b. Há diferença entre o padrão produzido na corda do violão e o produzido na corda do cavaquinho?
 - c. Por que uma corda de extremidades fixas só vibra num padrão de ondas?
 - d. Se aumentarmos a frequência da onda o comprimento de onda muda?
- (ii) Leve para a sala de aula uma corda e um lastre para demonstrar a problematização. Prenda uma extremidade da corda na parede e peça a um aluno para vibrar a outra extremidade. Em seguida, peça para ele chocalhar a corda periodicamente e faça os seguintes questionamentos:
- a. Observa-se que a corda em alguns pontos específicos não se mova? Por quê?
 - b. Quando você chocalhar a corda o que acontece?
 - c. Quando a onda está voltando se você chocalhar a corda nesse momento o que acontece? Por quê?

Para ampliar as discussões indica-se a utilização de um vídeo que representa os modos de vibração em uma corda esticada. Segue o link logo abaixo.

<https://www.youtube.com/watch?v=jplFqvqW6V8>.

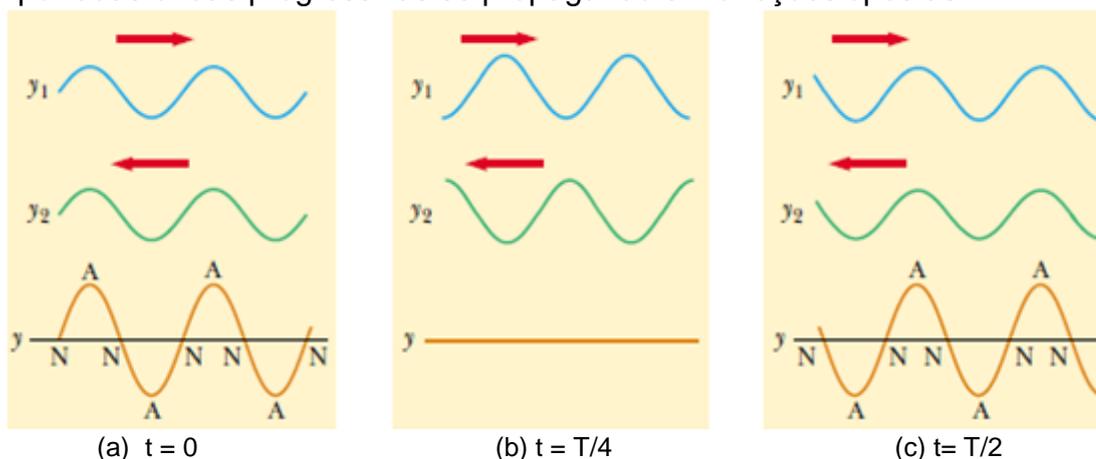


OBSERVAÇÃO

As cordas do violão e o cavaquinho quando vibram produzem ondas transversais que, superpondo-se às refletidas nas extremidades, originam uma onda estacionária, ou seja, a onda estacionária é formada pela interferência de ondas idênticas que se propagam em sentidos opostos.

A configuração da onda estacionária não muda com o tempo. Os pontos que permanecem imóveis são chamados de nós (N). Os pontos onde a onda oscila com o máximo de amplitude são chamados de antinós (A), como mostra a Figura 9.

Figura 9: Padrões de ondas estacionárias produzidos em diversos instantes por duas ondas progressivas se propagando em direções opostas.



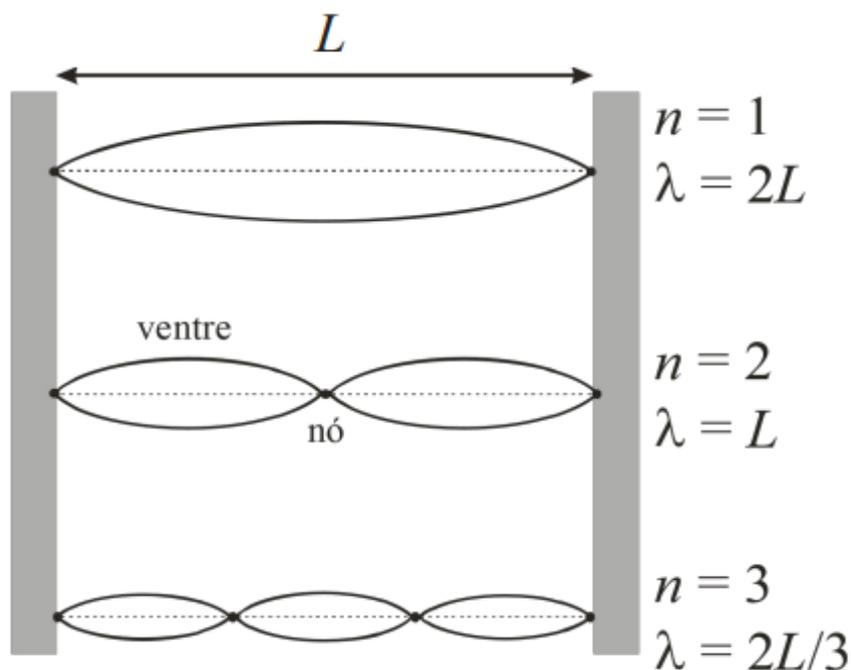
FONTE: (SERWAY; JEWERR, 2014)



OLHANDO DE PERTO

A compreensão da teoria das ondas estacionárias é indispensável para o entendimento do funcionamento dos instrumentos de corda, como o violão e o cavaquinho. Ao ouvirmos uma nota musical, estamos captando as diversas frequências, ou harmônicos, emitidas e é possível relacionar esses harmônicos com o comprimento da corda.

O modo fundamental de vibração é aquele no qual a corda vibra entre as extremidades de fixação da corda (nós) e um ponto médio. O segundo modo de vibração corresponde aos nós das extremidades e a um nó no ponto central e assim sucessivamente (Figura 10). Cada um desses modos é representado por um número, correspondente ao número de ventres (máximos de vibração) observados. Assim, o primeiro modo de vibração possui $n = 1$, o segundo, $n = 2$ e assim indefinidamente.

Figura 10: Modo de vibração.

Fonte:USP (2019).

A distância entre dois nós consecutivos corresponde a meio comprimento de onda ($\lambda/2$), de modo que o comprimento da corda (L) deve ser igual a:

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

A velocidade desta pode ser definida (Halliday, 2016, p.126) como segue:

$$v = \lambda f = \frac{2Lf}{n}$$

Sendo assim, as frequências de ressonância pode ser escrita como:

$$f_{n=\frac{nv}{2L}} \quad (\text{Eq.4})$$

Substituindo o valor de v da eq. 2 na eq. 4 temos a relação entre a tensão e a frequência:

$$f = \frac{nv}{2L} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow f_n^2 = \frac{n^2 T}{4l^2 \mu} \quad (\text{Eq.5})$$

As frequências nas quais a ressonância é observada dependem de vários parâmetros da corda, como mostra a equação 5. Dependem da densidade linear das cordas, tensão que elas estão submetidas e o comprimento linear da corda. No

violão, as cordas são de mesmo tamanho, de diferentes densidades lineares e podemos variar a tensão apertando ou afrouxando as tarraxas. Isso significa que podemos alterar a altura das notas e sua afinação ao variar qualquer um desses parâmetros: se duas cordas possuem a mesma densidade e comprimento, a que sofrer maior tensão produzirá notas mais agudas.



PENSE E RESPONDA

Sugere-se que os discentes realizem juntos o pense e responda em grupo e que o docente debata com as respostas.

1. O que é uma onda estacionária?

2. Uma corda de extremidades fixas só pode vibrar num padrão de ondas estacionárias?

3. O que são nós e antinós?

4. A velocidade da onda estacionária varia?

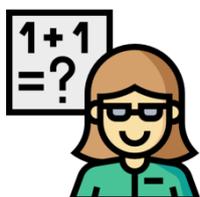
5. Qual a relação entre a frequência e o comprimento de onda?

6. Uma corda fixa pelas extremidades pode propagar ondas com quaisquer frequência?

Procedimento experimental (tempo estimado 30 minutos).

Este experimento tem o objetivo de identificar os modos de vibração na corda do violão e do cavaquinho e determinar as frequências referentes a eles. O material necessário para realizar esta atividade é:

- Violão;
- Cavaquinho;
- *Smartphone*;
- Trena ou régua;
- Lápis.



Agora vamos colocar em prática.

1. Meça o comprimento da corda do violão e do cavaquinho com uma régua ou trena. Expresse o valor obtido no espaço abaixo.
 - a. Comprimento da corda do violão: $L =$ _____
 - b. Comprimento da corda do cavaquinho: $L =$ _____

2. Vibre as cordas soltas do violão e do cavaquinho, através do aplicativo *Da Tuner* no *smartphone*, capte a frequência para **1º Harmônico** “vibre a corda solta” em cada corda do violão e cavaquinho. Para obter a frequência do **2º harmônico** pressione a corda apoiando o dedo sobre a fração de comprimento da corda correspondente a $\frac{1}{2} L$, faça no cavaquinho e no violão. Para obter o **3º harmônico** pressione o dedo sobre a fração de comprimento da corda correspondente a $\frac{1}{3} L$. E para o 4º harmônico é necessário

pressionar a corda apoiando o dedo sobre a fração de comprimento da corda correspondente a $\frac{1}{4} L$. Registre os resultados nas tabelas 10 e 11, logo abaixo.

Tabela 10: Resultados experimentais para o violão.

Corda	Harmônico	Frequência	Comprimento de onda
	Fundamental corda solta		
	2º harmônico		
	3º harmônico		
	4º harmônico		

Fonte: Própria (2020).

Tabela 11: Resultados experimentais para o cavaquinho.

Corda	Harmônico	Frequência	Comprimento de onda
	Fundamental corda solta		
	2º harmônico		
	3º harmônico		
	4º harmônico		

.. Fonte: Própria (2020).



PENSE E RESPONDA

Sugere-se que os discentes realizem juntos o pense e responda em grupo e que o docente debata com eles as respostas.

1. Segundo observado e analisado até o momento, como você justificaria, fisicamente, o que acontece com a frequência quando aumentamos a ordem harmônica na corda de cada instrumento trabalhado?

2. Que conclusões vocês podem tirar dos resultados das tabelas 10 e 11 ?

3. Com base nos seus traçados complementares calcule a velocidade da onda na corda.

4. Qual a condição para que uma onda estacionária seja gerada numa corda?

3.3.3 Quinto Encontro

Este experimento tem como objetivo obter os espectros do som do violão e do cavaquinho, utilizando o programa *Reaper* com placa de áudio *Xenyx* (Figura11).

Reorganizando Conceitos: problematização inicial (tempo estimado = 20 minutos)

Antes de iniciar a coleta de dados deverá realizar algumas problematizações iniciais.

- (i) Sugere-se que a aula comece com o professor de Artes tocando. Primeiro ele tocará uma nota no violão e depois tocará a mesma nota no cavaquinho. Em seguida será feito alguns questionamentos para os estudantes, como por exemplo?
 - a. É a mesma nota que está sendo tocada?
 - b. Caso seja a mesma nota, ela possui a mesma frequência?
 - c. Se as notas tocadas possuem a mesma frequência, então por que ouvimos sons diferentes?
 - d. Se der um toque perto do cavalete, quais as propriedades do som são modificadas e por quê?

Procedimento experimental (tempo estimado = 30 minutos).

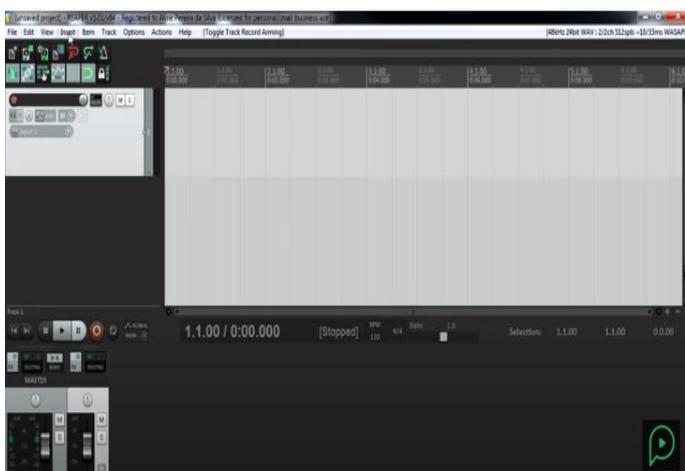
Nesta atividade, é possível observar a diferença do timbre do violão e do cavaquinho e mostrar que essa característica do som está diretamente relacionada à

intensidade dos harmônicos, que representam as ondas sonoras ali produzidas.

Material utilizado:

- Violão; Uma placa de áudio;
- Cavaquinho; Cabos e extensão;
- *Notebook*; Computador;
- Programa *Reaper*; *Data show*.

Figura 11: (A).Interface do programa Reaper **(B)**Interface da placa de áudio

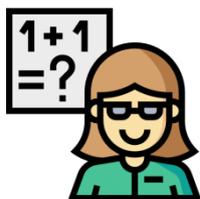


(b)



(a)

Fonte: Gravando em casa (2017)



Agora vamos colocar em prática.

- 1 Instale o *software Reaper*. Acesse em seu celular o *Playstore* e faça o *download* instale o aplicativo. Com o *software Reaper*, que não precisa de internet p seu funcionamento, e com placa de áudio *Xenyx*, grave o som de uma determinada nota emitida no violão, obtendo, assim, um gráfico da amplitude em função do tempo.
- 2 Repita o processo, agora gravando o som de uma determinada nota no cavaquinho, obtendo um gráfico através do *software Reaper* da amplitude em função do tempo.
 - a. Logo após faça a comparação entre os gráficos obtidos.



PENSE E RESPONDA

Sugere-se que os discentes realizem em grupo o pense e responda e que o docente debata com eles as respostas.

1. Existe diferença entre a melodia tocada no violão e no cavaquinho? Justifique.

2. Classifique as frequências da nota **Mi** tocada na 6^a corda do violão e da nota **Ré** tocada na 4^a corda do cavaquinho.

Violão Nota E	Frequência (HZ)	Cavaquinho Nota D	Frequência (HZ)

3. Você percebeu alguma diferença no som?

4. Qual a nota gerada no violão e no cavaquinho é mais aguda e por quê?

5. Quais as notas são mais fortes e mais fracas e por quê?

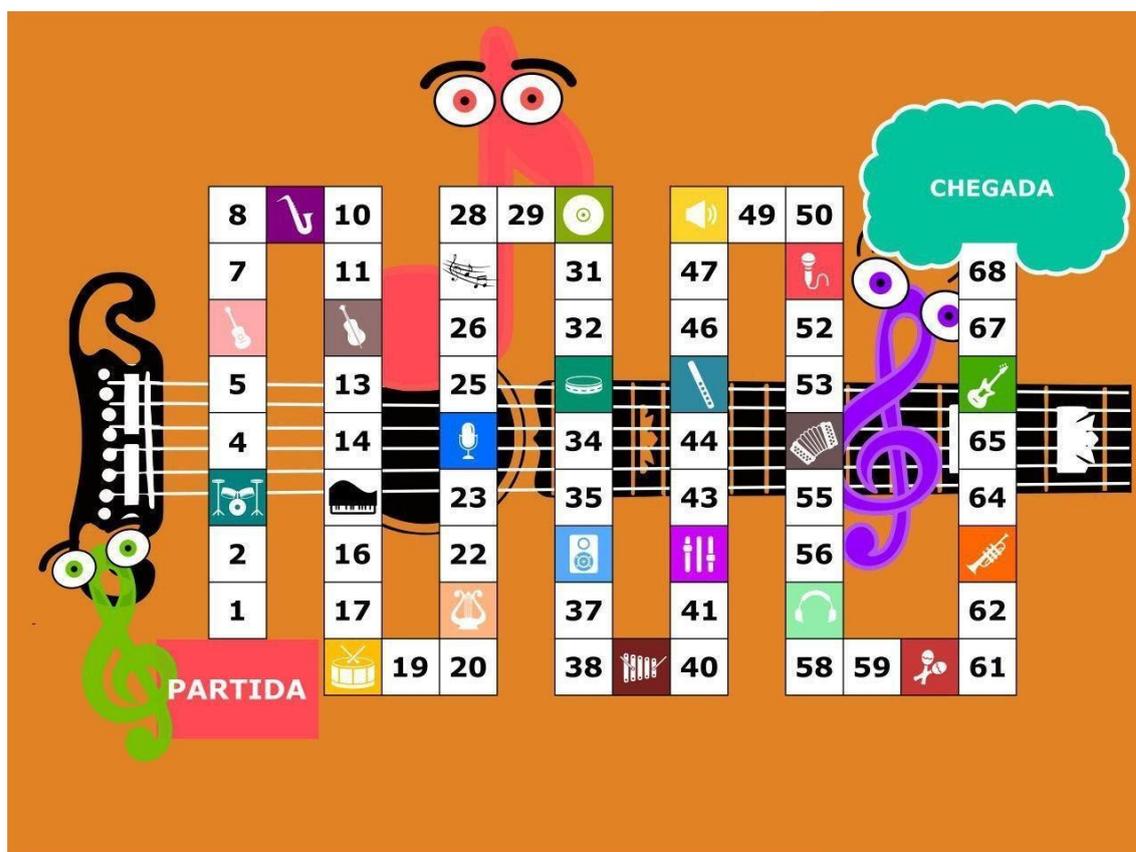
6. Quais as notas que possuem a menor e a maior duração?

3.2.4 Sexto Encontro

Neste encontro indica-se a utilização um jogo pedagógico com o objetivo de reforçar as discussões e socialização dos saberes. O jogo consiste em uma trilha, a

Física 🎵 Música. A trilha conta com sinais, instrumentos musicais e acessórios musicais, que aparecem a cada duas casas (Figura 12), ao cair nestas casas o estudante deverá responder perguntas sobre acústica e ondulatória, envolvendo, assim, todo o processo que foi trabalhado nos encontros, em um formato lúdico e interdisciplinar. Vale ressaltar que, as perguntas podem ser simples ou mais complexas, isso varia de acordo com o nível de conhecimento da turma. Ganha quem chegar primeiro na casa com a palavra CHEGADA.

Figura 12 : A trilha Física 🎵 Música



Fonte: Própria (2020).

A trilha é composta por 22 peças, sendo uma excelente estratégia para finalizar o conteúdo de Acústica, podendo ser adaptado a outros conteúdos como forma de revisão. Além disso, pode revelar as dificuldades ainda persistentes no processo de ensino e aprendizagem.

Para jogar a trilha Física ♩ Música é preciso da trilha, um dado, as cartas e umas peças para os alunos movimentarem o jogo e ficarem familiarizados com as regras, que são apresentadas em seguida.



Regras da Trilha Física ♩ Música

A trilha se dá de forma coletiva, e o objetivo é alcançar a casa com a palavra CHEDAGA usando conhecimentos de acústica.

1. O jogador 1 deverá jogar o dado;
2. Em seguida andará o número de casas que saiu no dado;
3. Se o jogador 1 cair em uma casa de desafio que são os instrumentos musicais e acessórios, o mesmo deverá responder a uma pergunta;
4. Se ele acertar terá o direito adquirido de acordo com o que vem escrito na sua carta, entretanto, se errar, também terá uma regra a cumprir que virá escrita na carta;
5. Seguindo o *gamer* será a vez do jogador 2 e assim sucessivamente.
6. Ganha quem alcança primeiro a casa com a palavra CHEDAGA.

As casas de desafios são:
3,6,12,15,18,21,24,27,30,33,36,39,42,45,48,51,54,57,63,66. As perguntas selecionadas para o jogo conforme a Figura 12.

Figura 12: Cartas da Trilha Física ♩ Música



Responda...

O que caracteriza uma onda estacionária, já que sabemos que ela é fundamental no estudo de notas musicais em instrumentos de corda?

(A) Os pontos denominados nós, e que sejam consecutivos, estão separados entre si por uma distância igual a igual a meio comprimento de onda.
 (B) Os pontos que apresentam amplitude máxima estão separados entre si por distâncias vibratórias iguais a um comprimento de onda.

Resposta: A

Se errar permaneça na mesma casa, Se acertar avance para a próxima casa.

Responda...

Um violão é um instrumento de cordas tensionadas por um trasto que, ao ser tangido, vibra em frequências características. A nota musical está relacionada com a frequência fundamental de cada corda. Considerando essas informações, julgue os próximos itens.

É possível aumentar a altura da nota emitida pelo violão aumentando a tensão na corda, ou seja, apertando a tarraxa?

() CERTO.
 () ERRADO.

Resposta: CERTO

Se acertar tem direito de barrar a próxima equipe e avançar 1 casa, se errar, fica 1 partida sem jogar.

Responda...

O som é caracterizado por três qualidades que dependem da sensação que temos quando o ouvimos, são elas?

Resposta: Altura, Intensidade e o Timbre.

Se acertar avance 17 casas, Se errar fique 1 rodada sem jogar.

Responda...

No ouvido, as ondas atingem uma membrana chamada tímpano. O tímpano passa a vibrar com a mesma frequência das ondas, transmitindo ao cérebro, por impulsos elétricos, a sensação denominada som.

() CERTO.
 () ERRADO.

Resposta: CERTO

Se acertar avance 4 casas, Se errar volte 2 casas.

Responda...

Fisicamente, e para o mesmo meio de propagação, a diferença da onda sonora associada à nota musical **dó** é a onda sonora associada a nota musical **ré** sustentado, emitidas pelo mesmo instrumento, está:

(A) Na velocidade das duas ondas.
 (B) Na frequência das duas ondas.

Resposta: B

Se acertou, avance 1 casa, Se errou permaneça na mesma casa.

Responda...

As ondas sonoras são ondas longitudinais que se propagam no ar e em outros meios. Elas têm origem mecânica e, portanto, não se propagam no vácuo. A sensibilidade do ouvido humano às ondas sonoras variam de uma pessoa para a outra; e para uma mesma pessoa, varia com a idade.

(A) Para os seres humanos - Sons de frequência de 0 a 20 Hz são chamados de infra-sons
 (B) Sons com frequências superiores a 20 Hz são chamados de ultra-sons.

Resposta: A

Se acertar avance 3 casas, se errar, volte 2 casas.

Responda...

Alguns instrumentos de corda, como o cavaquinho, dispõem de traste, dispositivos que permitem alterar o comprimento da parte vibrante da corda. Com os dedos, o músico pressiona entre os trastes a corda que será colocada a vibrar, reduzindo seu comprimento. Quanto menor o comprimento L da parte vibrante, maior a frequência do som emitido. Essa afirmação está:

() CERTA.
 () ERRADA.

Resposta: CERTA

Se acertar avance 1 casa, Se errar fique 1 rodada sem jogar.

Responda...

Um professor de música esbraveja com seu discípulo: "Você não é capaz de distinguir a mesma nota musical emitida por um violão e por um cavaquinho!". A qualidade do som que permite essa distinção à que se refere o professor é:

(A) Altura.
 (B) Timbre.

Resposta: B

Se acertar avance 3 casas, se errar, volte 2 casas.

Responda...

A qualidade do som que permite distinguir um som forte de um som fraco, por meio da amplitude de vibração da fonte sonora é definida como:

(A) Altura.
(B) Intensidade.

Resposta: B

Se acertar avance 4 casas, se errar, volte 3 casas.

Responda...

Em relação às propriedades das ondas sonoras, assinale o que for correto:

(A) A frequência da onda não sofre alteração quando muda de meio.
(B) O som é uma onda transversal.

Resposta: B

Se acertar avance 2 casas, se errar, volte 1 casa.

Responda...

As notas musicais podem ser agrupadas de modo a formar um conjunto. Esse conjunto pode formar uma escala musical. Dentre as diversas escalas existentes, a mais difundida é a escala diatônica, que utiliza as notas denominadas *dó, ré, mi, fá, sol, lá* e *si*. Essas notas estão organizadas em ordem crescente de alturas, sendo a nota *dó* a mais baixa e a nota *si* a mais alta. Considerando uma mesma oitava, a nota *si* é a que tem menos.

(A) comprimento de onda
(B) intensidade.

Resposta: A

Se acertar avance 1 casa, se errar, volte 1 casa.

Responda...

Ondas sonoras são compressões e rarefações do meio material através do qual se propagam. Podemos dizer que:

(A) as ondas sonoras transmitem-se mais rapidamente através de líquidos e sólidos do que através do ar.
(B) o som não pode propagar-se através de um sólido.

Resposta: A

Se acertar avance 5 casas, se errar, volte 2 casas.

Responda...

A respeito da velocidade de propagação das ondas sonoras é correto afirmar que:

(A) A velocidade de propagação do som no ar é maior do que na água.
(B) Em meios líquidos, a velocidade do som é maior do que em meios sólidos.

Resposta: A

Se acertar avance 2 casas, se errar, volte 1 casa.

Responda...

A respeito das ondas sonoras é correto dizer:

(A) O som é um tipo de onda mecânica, bidimensional e longitudinal. As ondas sonoras propagam-se mais rápido em meios gasosos do que em meios sólidos.
(B) O som é um tipo de onda mecânica, tridimensional e longitudinal. As ondas sonoras propagam-se mais rápido em meios sólidos do que em meios líquidos.

Resposta: B

Se acertar avance 4 casas, se errar, volte 2 casas.

Responda...

O estudo de fenômenos ondulatórios, que vamos abordar agora, está ligado a alguns dos conceitos mais importantes da Física. Um dos mais fundamentais é o próprio conceito do que é uma onda.

(A) Qualquer efeito (perturbação) que se transmite de um ponto a outro de um meio. A onda quando a transmissão do efeito entre dois pontos distintos ocorre sem que haja transporte de matéria de um desses pontos ao outro.
(B) Qualquer efeito (perturbação) que se transmite de um ponto a outro de um meio. A onda quando a transmissão do efeito entre dois pontos distintos ocorre sem que haja transporte de energia de um desses pontos ao outro.

Resposta: A

Se acertar avance 2 casas, Se errar volte ao início do jogo.

Responda...

Fisicamente, e para o mesmo meio de propagação, a diferença da onda sonora associada à nota musical *dó* é a onda sonora associada a nota musical *ré* sustenido, emitidas pelo mesmo instrumento, está:

(A) Na velocidade das duas ondas.
(B) Na frequência das duas ondas.

Resposta: B

Se acertou, avance 1 casa, Se errou permaneça na mesma casa.

REFERENCIAS

ACORDES EM CORDAS. Vibração das cordas de um violão.2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5lCHZjnxgTs> Acesso em: 7 jun. 2019.

APLICATIVOS GRÁTIS. 2019. Disponível em: <https://www.aplicativosgratis.com.br/afinar-violao>. Acesso em: 7 jun. 2019.

ATHOS ELECTRONICS. 2019. Disponível em: <https://athoselectronics.com/frequencia-como-funciona/>. Acesso em: 30 mai. 2019.

BERVIAN, P. A.; CERVO, A. L.; SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2007.

CLVA. 2019. Disponível em:http://www.clva.com.br/pa/apostla_violao.pdf. Acesso em: 20 mai. 2019.

CARDOZO, L. C. **O ensino de Física através dos instrumentos musicais**. 2016. p. 70. Monografia (curso de licenciatura em física) - universidade federal fluminense, Instituto de Física, Nitéroi/RJ, 2016. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/7335/1/Laio%20Cavalcanti.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2020.

CHRISTOV, Ivan C. Wave Solutions. **Encyclopedia of Thermal Stresses**, ed. R.B. Hetnarski, Springer, 2014.

BORGES, A. N. **Introdução à física acústica**/ Antônio Newton Borges, Clóvis Gonçalves Rodrigues - São Paulo: editora Livraria de Física, p. 49. 2017.

BOSCARINO JUNIOR, A. **O ensino do cavaquinho: uma abordagem metodologica**. 2002, 34 p. Monografia (Licenciatura Plena em Educação Artística - Habilitação em Música) - Universidade do Rio de Janeiro, Instituto Villa-Lobos, Universidade do Rio de Janeiro/RJ, 2002. Disponível em: <https://fdocumentos.tips/document/o-ensino-do-cavaquinho-domainadmbrrwwwdomainadmbrrdemlicenciaturamonografiaalbertoboscarinopdfpdf.html> Acesso em: 21 de mai. 2019.

CAZES, H. **Ensaio Músicos do Brasil: Uma Enciclopédia**. Disponível em Disponível em . Data de acesso: 03 de dezembro de 2011. _____. Apanhei-te Cavaquinho 1º Episódio. Lisboa: 2012. Disponível em: www.youtube.com/watch?v=30ETxHEAksY. Acessado em 21 de maio de 2019. . Acesso: 03 dez. de 2019.

CAZES, H. **Apanhei-te Cavaquinho 1º Episódio**. Lisboa: 2012. Disponível em: www.youtube.com/watch?v=30ETxHEAksY. Acesso em: 21 de mai. 2019.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 1993^a.

GRAVANDO EM CASA. 2017. Disponível em: <http://gravandoemcasa.com/2017/12/curso-de-reaper-1-configurar-audio-e-primeira->

gravacao/<https://www.audiobshop.com.br/mesa-de-som-interface-de-audio-behringer-xenyx-302-usb-pr-235-403224.htm>. Acesso em: 20 jun. 2019.

GIF SIMULADOR VIRTUAL. Disponível em:

<https://sites.google.com/site/1anofisicacoltecufmg/materiais-de-apoio-1/videos-e-animacoes/06--ondas/producao-de-ondas> Acesso em: 20 jun. 2019.

GRILLO, M. L.; PEREZ, L. R. **Física e Música**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. Disponível em:

https://mnpeflumenauufscbr.paginas.ufsc.br/files/2017/05/FisMus_Grillo_Perez.pdf Acesso em: 20 mai. 2019.

HUMMELGEN, I. A. O clarinete-uma introdução à análise física do instrumento. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 13, n. 2, p. 139-153, 1996. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7054> Acesso em: 20 mai. 2019.

HALLIDAY, D. ; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, ondas e Termodinâmica**. 4ª edição, Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Sa, 2012.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

ICM- Projeto Aprendiz, 2015. Disponível em:

http://www.clva.com.br/pa/apostila_violao.pdf. Acesso: 23 jun. 2020.

JACARAN DA TRILHAS. 2014. Disponível

em:<https://jacarandatrilhas.com/2014/07/um-carrossel-de-parametros/> Acesso em: 20 mai. 2019.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica; fluidos, oscilações e ondas, calor / H. Moysés Nussenzveig**. - 5.ed.- São Paulo: Blucher, 2014.

PARTITURA DE MUSICA. 2019. Disponível em:

<https://www.partiturademusica.com.br/img/teoria/violao/30-partitura-de-musica-ordem-das-cordas-no-instrumento.png> Acesso em: 30 mai, 2019.

RAO, S. S. **Vibrações Mecânicas**. Tradução de Arlete Simille Marques. 4 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2013.

RICARDO, Elio C.; FREIRE, Janaína CA. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007.

ROSSING, T.D. **The Science of Sound**. U.S.A: Addison Wesley, 1990.

SADIE, S. **Dicionário Grove de Música**. Rio de Janeiro: Zahar, 1994.

SERWAY, Raymond A; JEWERR JR., John W. **Princípios de Física: Oscilações, Ondas e Termodinâmica**. São Paulo: Cengage Learning, 2014. 230 p. 2v. il.

SILVA JR, Romualdo S.; MILTÃO, B. M. S. R. O fenômeno acústico e o ensino médio: utilização de instrumentos musicais como incentivo para o ensino de acústica; o caso do cavaquinho. **Caderno de Física da UEFS**, v. 13, n. 02, p. 2401.1-36, 2015. Disponível em:

http://dfisweb.uefs.br/caderno/vol13n2/s4Artigo1RomualdoMiltao_Acustica.pdf

Acesso em: 13 de fev.2019.

SILVA, R. T. Disponível em: http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/17_ondasI_VI.pdf
Acesso em: 13 fev. 2019.

SILVEIRA, C. P. **Atividades experimentais para o Ensino de física ondulatória no ensino médio e neja**. 2017. 123 p. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física - MNPEF). Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda/RJ, 2017. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/6380> Acesso em: 13 fev. 2019.

TABORDA, M. **Violão e identidade nacional**: Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2011.

UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/2862/4/MLQueiroz.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2019.

UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/> Acesso em: 10 out. 2019.

UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2020.
<http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/>. Acesso em: 10 out. 2019.

USP, Universidade de São Paulo. 2019. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2493413/mod_resource/content/2/CordasVibrantes%20-%20Guia%20de%20Estudos.pdf. Acesso em: 30 mai. 2019.

VIANA, J. A. S. **Banda musical Sustentável: Confecção de instrumentos musicais no ensino da acústica**. 2018. 122 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade de Brasília, Instituto de Física da Universidade de Brasília, 2018. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33921/1/2018_Jos%c3%a9AlexVianadaSilva.pdf. Acesso em: 18 jul. 2020.

VIOLÃO MANDRILAO. 2019. Disponível em <http://www.violaomandriao.mus.br/>. Acesso em: 30 mai. 2019.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. 2a ed. São Paulo. Martins Fontes, 1987.

VYGOTSKI, L.S. **Pensamento e linguagem**. (2.ª Ed.). São Paulo: Martins Fontes, 2003.

YOUNG, Hugh. D.; FREEDMAN, Roger. A. **Física II: Termodinâmica e ondas.** 12^a ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO DOS ALUNOS

O questionário de opinião teve como principal objetivo coletar as opiniões dos alunos em relação às atividades realizadas na sequência didática. Um total de 40 alunos responderam a esse questionário de opinião. Compilamos alguns comentários do questionário.

1. Qual sua opinião em relação à forma de apresentação dos conceitos abordados nas atividades?

Questões de opinião

1. As atividades relacionaram bem os conceitos sobre a música e da física. Em um primeiro momento, existiu uma correlação bastante desenvolvida dos experimentos que envolviam algum instrumento.

2. Quais os benefícios que o uso do violão e do cavaquinho nas aulas de física trouxe para sua aprendizagem?

2. O uso dos instrumentos musicais proporcionou um aprofundamento mais consolidado, pois ficou clara como a teoria realmente funcionava.

3. Como a utilização dos instrumentos musicais auxiliou no entendimento do conteúdo de acústica?

4. A própria matéria ficaria vaga caso não houvesse utilização dos instrumentos musicais. Foi através deles que o conteúdo foi consolidado.

4. Houve mudança na sua percepção de entendimento do conteúdo de acústica depois da aplicação do produto?

5. Antes da experiência científica, o entendimento era vago e não se sabia o porquê daquilo acontecer. Mas, com essas aulas e práticas, o conceito se expandiu.

5. Qual a sua opinião em relação ao trabalho em equipe do professor de música e da professora de física?

6. Foi um verdadeiro trabalho em equipe, devido ao compartilhamento que foi compartilhado. Dessa forma, o aprendizado foi visto de duas maneiras: música e física.

6. Descreva sua opinião geral sobre as atividades realizadas, destacando aspectos positivos e negativos.

7. Todo o trabalho foi bem organizado, planejado e executado de forma eficiente. As aulas foram bastante explicadas de forma clara. Entretanto, algumas aulas tiveram imprevistos, mas nada que comprometesse o ensino.