



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CAMPUS DIADEMA
Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas
Curso de Ciências



LUIZ FELIPE FARIAS MOTA

A utilização de instrumentos musicais para fins didáticos e científicos

DIADEMA

2023

LUIZ FELIPE FARIAS MOTA

A utilização de instrumentos musicais para fins didáticos e científicos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Licenciatura em Ciências, ao Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema.

Orientador: Prof. Dr. Rui Manoel de Bastos Vieira

DIADEMA

2023

Dados Internacionais da Catalogação na Publicação (CIP)

Mota, Luiz Felipe Farias

A utilização de instrumentos musicais para fins didáticos e científicos / Luiz Felipe Farias Mota. – – Diadema, 2023.
63 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências) -
Universidade Federal de São Paulo - Campus Diadema, 2023.

Orientador: Rui Manoel de Bastos Vieira

1. Instrumentos Musicais. 2. Aprendizagem Significativa. 3. Física e Música. 4. Interdisciplinaridade. I. Título.

LUIZ FELIPE FARIAS MOTA

A utilização de instrumentos musicais para fins didáticos e científicos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Licenciatura em Ciências, ao Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo Sioufi Fagundes dos Santos
Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP

Prof. Dr. Ronaldo Savarino Levenhagen
Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP

Prof. Dr. Emerson Isidoro dos Santos
Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP

Dedico esta monografia à minha família e amigos próximos, dos quais não me faltou incentivo e apoio em todos os momentos de dificuldade e incertezas.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar à Deus, pelo caminho, pela sabedoria, pela luz e força que Ele me proporcionou para concluir esta etapa de minha vida. Sei que apesar de meu esforço, sem seu auxílio nada do que foi conquistado seria possível.

Agradeço a todos os meus familiares, em especial meu pai Reinaldo Statonato Mota, minha mãe Regiane Farias Mota e a meu irmão Bruno Farias Mota que nunca me desampararam, mas sempre me apoiaram com tudo o que eu precisava durante toda minha vida.

A todos os amigos que direta ou indiretamente participaram da minha formação, o meu muito eterno agradecimento.

Agradeço ao meu orientador Rui Manoel de Bastos Vieira, pela paciência e por todo suporte na elaboração deste trabalho.

Finalmente agradeço à Universidade Federal de São Paulo, aos docentes, diretores, coordenadores e administração que proporcionaram o melhor dos ambientes para que esse trabalho fosse realizado.

RESUMO

Este trabalho, possui aplicabilidade voltada para um ensino interdisciplinar, o qual integra conceitos de física e música. A proposta deste TCC (Trabalho de Conclusão de Curso), tem como objetivo apresentar uma sequência didática. Através de um ensino interdisciplinar, buscamos propor atividades, cujo objetivo é proporcionar uma aprendizagem significativa. As atividades desenvolvidas em nossa proposta de ensino, sugerem a utilização práticas experimentais em sala de aula, como um xilofone, um piano digital e teclas de PVC. Tais materiais, foram utilizados como uma demonstração lúdica da teoria na prática e serviram como suporte para investigação científica. A proposta procura evidenciar o diálogo entre o estudo de ondulatória e a produção de sons no xilofone e no piano digital, buscando reforçar a ideia de que o saber constitui-se como um todo e não de modo fragmentado. Por fim, acreditamos que a partir de nossa proposta possamos propiciar aos alunos uma oportunidade para auxiliá-los no processo de alfabetização científica.

Palavras chave: Instrumentos Musicais; Aprendizagem significativa ; Física e Música; Interdisciplinaridade;

ABSTRACT

This work has applicability aimed at an interdisciplinary teaching, which integrates concepts of physics and music. The purpose of this TCC (Course Completion Work) aims to present a didactic sequence. Through interdisciplinary teaching, we seek to propose activities whose objective is to provide substantial apprenticeship. The activities developed in our teaching proposal suggest the use of experimental practices in the classroom, such as a xylophone, a digital piano and PVC keys. Such materials were used as a playful demonstration of theory in practice and served as support for scientific research. The proposal seeks to highlight the dialogue between the study of waveforms and the production of sounds on the xylophone, PVC keys and digital piano, seeking to reinforce the idea that knowledge is constituted as a whole and not in a fragmented way. Finally, we believe that from our proposal we can provide students with an opportunity to assist them in the process of scientific literacy.

Keywords: Musical Instruments; Substantial apprenticeship; Physics and Music; Interdisciplinary.

SUMÁRIO

1 Introdução	9
2 Objetivos	11
2.1 Objetivos Específicos.....	11
2.2 Objetivos Gerais	11
3 Metodologia.....	12
4 Problemática	15
5 Revisão Bibliográfica.....	17
4.1 Aprendizagem Significativa.....	17
4.2 A física e a música	20
4.2.1 Ondas sonoras.....	20
4.2.2 Qualidades fisiológicas do som	21
4.3 A física e a música em ambiente escolar	24
6 Material Didático	25
6.1 Xilofone	25
6.1.1 Modelagem matemática utilizada para a construção das teclas do xilofone	29
6.2 Tubos de PVC	35
6.3 Piano Digital.....	37
6.3.1 Testes do Piano Digital	43
7 Desenvolvimento da Oficina	46
8 Conclusões	60
REFERÊNCIAS	61

1 Introdução

Por que devo estudar física? Quando usarei estes conceitos em minha vida? Quais relações eles possuem com o meu cotidiano? Para que tantas fórmulas? Tais questionamentos são frequentes no cotidiano dos alunos, e segundo Moraes (2009), são indicativos de que a realidade transmitida através das aulas não está condizendo com a realidade deles, tão pouco, estão atendendo as necessidades e transformações do ensino na atualidade.

Para Araújo & Abib (2003), um dos fatores agravantes da atual realidade do ensino brasileiro são os livros didáticos disponíveis para o trabalho dos professores, pois eles consistem somente em orientações, as quais seguem e reforçam uma abordagem tradicional de ensino, em que o conteúdo científico é acompanhado apenas de demonstrações fechadas. Esta abordagem é distante do cotidiano dos alunos, dificultando o debate das concepções espontâneas deles e de que forma o conhecimento científico pode auxiliar a compreensão dos fenômenos estudado.

A abordagem tradicional é muito frequente nas aulas de física, porém precisamos considerar que estas aulas podem ser incrementadas com recursos didáticos que estimulam o ensino aprendizagem, como por exemplo a elaboração de práticas experimentais e atividades interdisciplinares.

Para Fazenda (1994) e Pombo (2004), a realização de atividades interdisciplinares levam os alunos a observarem os conteúdos das disciplinas de uma forma diferente, analisando as convergências entre os assuntos e estabelecendo ligações entre os saberes, dessa forma, estimulando o aprendizado significativo.

Portanto, quando uma proposta interdisciplinar é capaz de conectar a música à ciência, ela facilita a aprendizagem e contribui para melhorar a qualidade do ensino. De acordo com Fazenda (1994), a interdisciplinaridade possibilita o diálogo com as diversas ciências, tornando viável entender o saber como um todo e não fragmentado.

Partindo destes princípios, este trabalho tem como objetivo apresentar uma sequência didática, que pode ser aplicada em uma sala de aula, com a intenção de proporcionar às crianças e aos adolescentes um contato mais próximo com a tecnologia, com a música e suas propriedades. Da mesma maneira que Snyders (1992), entendemos que esta abordagem pode contribuir para que os estudantes tenham acesso ao que o autor chama de Cultura Elaborada.

É importante deixar claro, que acreditamos que a aprendizagem significativa pode acontecer de diversas maneiras, em aulas tradicionais, no ensino disciplinar e entre outras metodologias, mas conforme mencionado nosso intuito foi elaborar uma sequência didática utilizando vários recursos, inclusive alguns que estão presentes no ensino tradicional, para promover a alfabetização científica e a aprendizagem significativa.

Anteriormente à realização deste trabalho, através do PIBIC (Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica) foram desenvolvidas pesquisas e materiais didáticos. Dessa forma, parte dos conceitos exposto nesta monografia, adotam uma parcela do material produzido na pesquisa produzida pelos projetos de iniciação científica.

Durante a iniciação científica, construímos um xilofone, pianos digitais, teclas “avulsas de PVC” e dedicamos parte de nosso tempo no aprendizado teórico e conceitual.

Vale destacar novamente que, a sequência didática proposta por este TCC tem o potencial de contribuir para a aprendizagem de conceitos científicos, segundo Moraes (2008), as atividades práticas e a experimentação são recursos de suma importância nas escolas para o ensino das Ciências, pois elas “possibilitam aos alunos uma aproximação do trabalho científico e melhor compreensão dos processos de ação das ciências.”. Em conformidade com isso, Carvalho (2010) e Leite (2001), dizem que o uso de diversos recursos didáticos é importante para melhorar o desempenho dos alunos nas aulas de Física.

Dessa forma, gostaríamos de acrescentar que a proposta interdisciplinar desenvolvida pelo trabalho busca apresentar como a música pode ser estudada no ambiente escolar. Acreditamos que este trabalho deve servir como inspiração, para que mais profissionais da área da educação possam utilizar a música como uma ferramenta para a elaboração e execução de novas metodologias de ensino.

2 Objetivos

2.1 Objetivos Específicos

Têm-se como principal objetivo o desenvolvimento de uma proposta didática prática e dinâmica de se ensinar os conceitos da física (frequência, velocidade, energia, onda sonora, intensidade, duração, timbre tensão, conceitos físicos que estão relacionados ao xilofone e etc.); tem como objetivo tratar os aspectos da notação e os elementos básicos da teoria musical evidenciando os fenômenos físicos com o olhar próprio da física.

2.2 Objetivos Gerais

Estimular o interesse dos alunos por conceitos de física e música; promover a difusão científica e cultural a partir da exposição dos materiais desenvolvidos pelo trabalho; trazer conhecimentos sobre a música e integrá-los com conhecimentos científicos; utilizar os experimentos da proposta nas aulas de física, os quais serão ministradas para uma sala de aula de alunos da escola pública.

3 Metodologia

No decorrer do desenvolvimento deste trabalho, foram feitas reuniões com o orientador focando no aprimoramento e fabricação dos instrumentos musicais e na elaboração da sequência didática, vale ressaltar que a proposta foi revista e reformulada por muitas vezes.

Os objetos instrumentais, possuem a função promover a realização de atividades musicais e de aproximar os alunos de atividades que envolvam ciências e tecnologia.

Inicialmente optamos pela elaboração de uma revisão bibliográfica, definindo exatamente como deveria ser feita a manufatura de alguns materiais didáticos e o aprimoramento dos instrumentos que possuíamos.

Quanto ao xilofone, realizamos pesquisas sobre a modelagem matemática de suas tecla, com a finalidade de determinar as dimensões do instrumento para que fique afinado.

Da mesma maneira como foi feito no xilofone, determinamos as dimensões de cada tecla de PVC através de pesquisas em busca de uma modelagem matemática que aproximasse os cálculos com os resultados encontrados na prática experimental.

Quanto ao piano digital, atualizamos a programação do Arduino e substituímos alguns componentes eletrônicos, como fonte de inspiração buscamos projetos de pianos digitais no site da Arduino Project Hub.

É importante destacar que os instrumentos produzidos por este TCC são artesanais, dessa forma o design das teclas foi desenvolvido com uma estética mais rústica, mas mesmo que ele não seja visualmente tão sofisticado quanto um xilofone profissional conseguimos preservar as qualidades sonoras semelhantes à de um instrumento mais elaborado.

Em relação ao roteiro de nossa proposta, adotamos a teoria sócio-histórica de Lev Vygotsky (2001) como referencial teórico para nortear as atividades desenvolvidas e como princípio básico uma pedagogia de inspiração ausubeliana. Dessa forma, nossas aulas tiveram o objetivo de promover uma aprendizagem significativa com foco na interação entre participantes da oficina por meio da experimentação.

Após algumas reuniões com o orientador, concluímos que a oficina deveria ser desenvolvida durante 6 aulas, sendo que cada aula possuiria 45 minutos.

Compreendemos que as aulas deveriam ser organizadas da seguinte maneira: primeira e segunda aulas, tiveram o intuito de explicar brevemente a física envolvida nas teclas do xilofone, além de propor uma atividade investigativa; terceira e quarta aulas, serviram para construir o piano digital utilizando o Arduino, Protoboard, Jumpers, Push Buttons e alto-falantes, e também de ensinar alguns aspectos básicos da alfabetização musical, focando em promover a interdisciplinaridade entre as propriedades da música e a física; por fim, quinta e sexta aulas, realizamos uma dinâmica musical utilizando os pianos digitais.

Como podemos ver, o piano digital é utilizado de maneira que sirva como um pretexto para uma atividade investigativa, os objetivos dela consiste nos estudantes verificarem que somente os materiais condutores permitirão que o piano produza som, e compreenderem que as ondas sonoras não são produzidas pelas teclas, mas sim pelo software, o qual identifica a tecla acionada para produzir o som.

Para a atividade investigativa das aulas 1 e 2, elaboramos um “kit de tubos de PVC”. O kit possui 24 tubos, dos quais, foram separados em 4 grupos de 6 tubos, cada um. Os 6 tubos de cada grupo, foram afinados de Dó 4, dó de quarta oitava (264 Hertz), até o Si 4, si de quarta oitava (495 Hertz).

Além do “kit de tubos”, foram produzidas 24 etiquetas adesivas, em cada uma delas foi escrito o nome de uma nota musical, a representação no pentagrama e sua respectiva frequência. Na atividade, os alunos tiveram que analisar as dimensões e características das teclas; por meio de cálculos, precisaram descobrir a frequência correspondente de cada tubo e colar as etiquetas que correspondiam à tecla analisada.

Após o planejamento do roteiro da aula, realizamos alguns testes do material que produzimos, no entanto encontramos algumas falhas nos equipamentos do piano digital, sendo assim, focamos no desenvolvimento de uma nova programação e na substituição de alguns componentes eletrônicos.

Além disso, buscamos identificar quais eram os elementos necessários para a construção de uma oficina capaz de promover o aprendizado significativo e de aproximar os conceitos de física do cotidiano do estudante.

Sobre o caráter integrador entre a teoria musical e os aspectos da física, foi desenvolvida uma proposta, cujo objetivo foi realizar uma transposição didática, capaz

de comportar toda a pesquisa orientada pelo referencial teórico, nela os conteúdos abordados foram: definição conceitual de ondas sonoras; faixa de frequências audíveis para o ser humano; expressões matemáticas e os gráficos responsáveis por descrever e representar, e as possíveis relações que elas possuem com a escrita musical em partituras; as propriedades do som segundo a perspectiva científica e como se manifesta do ponto de vista musical (fórmula de compasso, figuras musicais, pausa, dinâmica musical, etc.); e a relação existente entre o timbre instrumental e a física modelada por gráficos e expressões matemáticas.

As atividades científicas desenvolvidas pelo trabalho, possibilitam aos alunos a construção de muitas competências, visto que elas propõem a manipulação, o questionamento, o direito ao tateamento e ao erro, a observação, expressão, comunicação, verificação, análise e síntese (CHARPAK, 1996, p.26-27). A partir deste ponto de vista, o aluno não se limita apenas ao trabalho de manipulação e observação, pois o caminho necessário para a resolução de problemas exige também reflexões, relatos, discussões, ponderações e explicações, este caminho para esta resolução corresponde a características de uma investigação científica (CARVALHO et al., 1999, p.31). Também, sabendo que “todo conhecimento é resposta a uma questão” (BACHELARD, 1996) e que a proposta de ensino investigativo vinculada aos experimentos deve ser cuidadosamente elaborada, é importante ressaltar que as atividades investigativas se fundamentam na ação dos alunos, não se limitando à simples manipulação ou observação (VIEIRA, 2005).

4 Problemática

Consideramos que o ensino de ciências deve promover a formação de cidadãos capazes de enfrentar os desafios impostos pela sociedade contemporânea, além de se comportarem como agentes fortalecedores da democracia, tendo a disposição um arcabouço teórico útil para a participação de debates de temas científico que permeiam o cotidiano das sociedades modernas. A Academia Brasileira de Ciências (2008) afirma que, a melhoria do ensino de Ciências na Educação Básica é uma meta a ser alcançada.

Segundo Pedrisa (2001), infelizmente as aulas de física em muitas escolas no Brasil são marcadas pela baixa incidência de práticas experimentais, metodologias de ensino que priorizam somente aulas expositivas, a dependência dos livros didáticos, indisponibilidade de recursos tecnológicos, escassez de tempo para o professor trabalhar os conteúdos, formação docente descontextualizada e a desvalorização da carreira docente. Tais desafios, caracterizam-se como obstáculos para o ensino e aprendizagem da física.

Moreira (2018) informa que, a fim de condicionar os alunos a passarem no vestibular, as aulas estruturam-se em treinos, que se resumem na proposição de problemas fechados somente para a reprodução de respostas corretas, tal abordagem pode distanciar a física do cotidiano do aluno e não incentiva um pensamento crítico que se relacione com a realidade que o cerca.

Entendemos a relevância de se adotar o sistema tradicional no ensino de física, mas acreditamos que é essencial que aulas de ciências sejam construídas de maneira que abarquem outras áreas do conhecimento, além do emprego de diversos recursos didáticos, como por exemplo o uso de experimentos científicos.

Araújo (2003) ressalta que, as atividades experimentais são importantes pois estimulam os alunos a terem uma participação ativa, desperta a curiosidade e o interesse, propicia a construção de um ambiente próprio para desenvolver situações novas e desafiadoras.

Quanto a aprendizagem significativa e a interdisciplinaridade, elas são abordagens que acrescentam significado ao processo educativo no ensino de física, mas adotá-las como modelo de ensino não é uma tarefa simples, uma das dificuldades

manifesta-se através da formação dos professores, a qual acontece de forma disciplinar e descontextualizada.

Sobre esse assunto, Mozena e Ostermann (2016) dizem que:

A maioria dos professores de Física, bem como professores dos demais componentes curriculares que atuam nas escolas atualmente, são herança de uma geração, cuja formação educacional esteve atrelada a um modelo tradicional de ensino, em que os conteúdos eram repassados de maneira fragmentada, isolada, de forma pronta acabada e verdadeira, sem possibilidade de análise, discussões, construção e reconstrução. (MOZENA; OSTERMANN, 2016, p.3)

Segundo dados referentes ao PISA de 2015, 56% dos alunos brasileiros estão abaixo do nível 2 em ciências, 70% abaixo do nível 2 em matemática e 51% abaixo do nível 2 em leitura. Vale lembrar que, a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) determina 6 níveis de conhecimentos relacionados ao PISA e é estabelecido que para o exercício pleno da cidadania, o aluno deve conseguir alcançar no mínimo o nível 2 em cada categoria.

Dessa forma, em consideração ao cenário descrito, onde o trabalho escolar em grande parte das escolas públicas é marcado pela precarização, verifica-se necessário a elaboração de aulas mais contextualizadas, que possuam abordagens interdisciplinares relacionadas ao cotidiano dos alunos e proporcionem uma aprendizagem mais significativa.

5 Revisão Bibliográfica

4.1 Aprendizagem Significativa

Da mesma forma que Costa & Moreira (2001), acreditamos que, a aprendizagem se torna significativa no instante em que um novo conteúdo, que é incorporado pelo estudante, adquire significado ao ser relacionado com seu conhecimento prévio. Para Ausubel (1965), um dos teóricos da aprendizagem, a aprendizagem significativa pode ser concebida através de um processo, no qual é necessário que a nova informação interaja com uma estrutura do conhecimento específico existente na estrutura cognitiva do indivíduo, a qual segundo ele chama-se subsunçor. Partindo dessas ideias, concluímos que para desenvolver uma proposta de ensino, que é capaz de desencadear um aprendizado significativo, é necessário que o ensino seja planejado de tal forma que o professor leve em conta o conhecimento do aluno.

Através da teoria de Ausubel (1965), entendemos que a aprendizagem mecânica compreende as informações que são apreendidas, sem que ocorra uma interação com conceitos presentes no subsunçor do aluno, ou seja, sem que se estabeleça uma conexão com conceitos específicos localizados nessa estrutura cognitiva. Passando tais conceitos para a física e para a música, podemos dizer que com relação à primeira, o ato de decorar as fórmulas e conceitos teóricos representa um processo de aprendizagem mecânica, enquanto na música, podemos dizer que o mesmo processo ocorre ao decorarmos notas, acordes, partituras musicais e entre outros exemplos.

Ademais, Ausubel não determina que haja uma distinção entre a aprendizagem mecânica e a significativa, para ele, ambas possuem uma relação conhecida como “continuum”, tendo em vista que, a aprendizagem mecânica pode ser necessária, por exemplo, em situações em que o aluno se depara com uma fase inicial, em que é necessária a adquirir novos conhecimentos.

Moreira (1999) nos alerta que, aprendizagem significativa ou mecânica são diferentes de aprendizagem por recepção ou descoberta. A aprendizagem receptiva, compreende aqueles conceitos que são apresentados ao aluno em sua forma final, por outro lado, a aprendizagem por descoberta, os conceitos devem ser descobertos pelo aluno.

Contudo, é válido observar que a aprendizagem receptiva não será necessariamente, significativas, nem a aprendizagem por descoberta será obrigatoriamente uma aprendizagem mecânica. De acordo com Lima (2010), do ponto de vista da aquisição do conhecimento, tanto aquilo que é descoberto pelo aluno, quanto o que lhe é apresentado, pode se tornar significativo.

Segundo Moreira (1999), o ensino e a aprendizagem não possuem eficiência, caso o aluno tenha que redescobrir os conteúdos para a aprendizagem ser significativa. Ao considerarmos o ensino de física, o laboratório é um recurso pedagogicamente importante, entretanto, ao considerarmos uma situação em que o objetivo é fazer com que o aluno necessite estabelecer as relações entre a física e a música, a ineficiência citada por Moreira (1999) pode se manifestar. Uma forma de combater este insucesso, do ponto de vista da aprendizagem significativa, seria apresentar estes conteúdos por meio da aprendizagem receptiva.

De acordo com Ausubel (1965), para que o subsunção do aluno se relacione com o conteúdo a ser apresentado, o professor precisa utilizar os “organizadores prévios”, que são conteúdos introdutórios, os quais possuem a função de uma ponte, que conecta os conhecimentos prévios do aluno com os conceitos que devem ser apreendidos por ele, a fim de que a aprendizagem possa ocorrer de forma significativa.

Com isso, concluímos que conforme a atividade apresentada neste trabalho, as propostas de ensino precisam estabelecer condições necessárias para que o aluno possa ser capaz de construir o próprio conhecimento, através de seus próprios conceitos prévios. Para isso, essas propostas precisam considerar as concepções espontâneas de cada aluno, e elaborar uma aula que pedagogicamente possa conectá-lo com as atividades apresentadas, visando o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa.

Batista e Lavaqui (2007) concordam que, atualmente tem sido frequente o surgimento de debates relacionados a uma Educação Científica que prepara o educandos para o exercício da cidadania, direcionando-nos a reflexões relacionadas em acatar práticas interdisciplinares no Ensino de Ciências, como uma possibilidade de melhorar o ensino.

Conforme destacado anteriormente, sabemos o valor que uma aula de física tradicional possui, mas devemos considerar que a participação de outras disciplinas, pode contribuir na abrangência e profundidade do ensino.

É lícito que na literatura de educação em ciências, o entedimento a respeito da interdisciplinaridade é algo extenso, possui diversos sentidos tanto em relação as bases epistemológicas, quanto a respeito das execuções pedagógicas.

Em 1970, foi realizado um encontro de especialistas, a fim de estabelecer um marco de referência na busca de significados para disciplina, interdisciplina, multidisciplinária e transdisciplina.

De acordo com os especialistas, disciplina é um conjunto específico de conhecimentos com suas próprias características sobre o plano de ensino. A interdisciplina corresponde à interação entre duas ou mais disciplinas. A multidisciplinária é uma justaposição de diversas disciplinas, isento da relação entre elas. Por fim, a pluridisciplinária corresponde a uma justaposição de disciplinas mais ou menos vizinhas nos domínios do conhecimento.

Sobre a interdisciplinaridade, Lima (2010) informa que, as propostas interdisciplinares apontam para uma interação das disciplinas do currículo escolar entre si e com a realidade, o intuito delas é superar a fragmentação dos saberes gerada pelo tradicional ensino formal. Sendo assim, o objetivo principal das propostas interdisciplinares é o desenvolvimento e a formação integral dos alunos, pois através de uma visão global de mundo, eles poderão ser capazes de exercer a cidadania, conseguindo enfrentar e resolver problemas complexos, amplos e globais. Partindo disso, Fazenda afirma que:

O pensar e o agir interdisciplinar se apoiam no princípio de que nenhuma fonte de conhecimento é em si mesma completa e de que, pelo diálogo com outras formas de conhecimento, de maneira a se interpenetrarem, surgem novos desdobramentos na compreensão da realidade e sua representação” (FAZENDA, 1979).

A interdisciplinaridade foi um dos recursos didáticos escolhidos para sustentar o nosso trabalho, acreditamos que relacionar os conceitos científicos estudados na acústica e demonstra-los através da prática musical, representa uma estratégia pedagógica importante. Para Costa et al, a relação entre a teoria e a prática promove o desenvolvimento integral do estudante, pois possibilita uma articulação de diferentes disciplinas e o avanço da ciência.

Ademais, de acordo com Fazenda (1994) e Pombo (2004), a proposta interdisciplinar possibilita o diálogo com as diversas ciências, por esse motivo, ela leva os alunos a observarem os conteúdos das disciplinas de uma forma diferente,

analisando as convergências entre os assuntos e estabelecendo ligações entre os saberes, dessa forma, estimulando o aprendizado significativo, visto que tal abordagem de ensino, torna viável entender o saber como um todo e não fragmentado.

Entretanto, vale ressaltar que em nossa proposta interdisciplinar foi necessário determinar o valor de cada disciplina, em que foi avaliado em nível teórico, prático e a intencionalidade de seu papel no currículo escolar. Dessa maneira, entendemos que a interdisciplinaridade não é simplesmente uma integração de conteúdo.

A interdisciplinaridade não dilui as disciplinas, ao contrário, mantém sua individualidade. Mas integra as disciplinas a partir da compreensão das 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 dos resultados. (BRASIL, 1999, p. 89)

Com isso, concluímos que, conforme feito na proposta desenvolvida por este TCC, ao invés de realizarmos uma simples justaposição de disciplinas, é necessário explorar a possibilidade de relacioná-las em atividades experimentais.

4.2 A física e a música

Segundo Ferreira & Silva (2019), a música é uma manifestação artística, a qual constitui um conjunto de sons sucessivos e simultâneos, os quais ao chegar aos ouvidos humanos, passam por processo de organização transformando-se na música. De acordo com Bréscia (2003), a música está presente na história, dessa forma ela representa uma linguagem universal.

Sendo assim, podemos encontrar na música vários aspectos que podem ser relacionados à conceitos científicos presentes na física, dentre eles podemos citar o som e suas qualidades fisiológicas (altura, intensidade, duração, timbre) e em conformidade com a altura do som temos a formação das escalas musicais.

4.2.1 Ondas sonoras

Do ponto de vista científico, o som pode ser representado por uma onda sonora, segundo Grillo (2016) ele se manifesta quando o sistema auditivo humano detecta

uma variação da pressão ambiente. Villas Boas (2010), complementa que o som é resultado de um conjunto de ondas mecânicas, que são captadas e percebidas através dos aparelhos auditivos dos seres vivos.

Segundo ele, em média o ouvido humano é capaz de perceber sons em uma frequência correspondente a um intervalo de 20 Hz e 20000 Hz, frequências inferiores a 20 Hz são denominadas de infrassons, enquanto as que ultrapassam os 20000 Hz são conhecidas como ultrassons e tanto os infrassons quanto os ultrassons são frequências inaudíveis ao aparelho auditivo humano.

Os sons são de variados tipos e suas características dependem da fonte sonora, sendo possível descrever e representar o fenômeno ondulatório por meio de expressões matemáticas, gráficos e tabelas (NUSSENZVEIG, 2014). Por outro lado, as características deste fenômeno são representadas pela notação musical por meio de representações gráficas, chamada de partitura, portanto, vemos que tanto a física quanto a música representam o mesmo fenômeno sonoro, porém de maneiras diferentes, podemos produzir o som através da vibração de um objeto material, no caso do xilofone, o som é produzido a partir da vibração do material constituinte das teclas contidas no instrumento, analogamente ao atingirmos tubos de PVC, a perturbação resultante do corpo material correspondente ao tubo, produzirá o som.

Em termos físicos, a onda é uma vibração resultante de uma oscilação em função do tempo, para Hewitt (2002) uma onda é a representação de um movimento oscilatório, o qual é definido pelo espaço e pelo tempo.

A onda sonora é caracterizada como longitudinal, visto que, de acordo com Maeoca (2012) estas ondas produzem uma vibração no meio, de tal forma que as moléculas constituintes a ele oscilem alternadamente em direção a propagação da perturbação. Além de longitudinal, a onda sonora é uma onda mecânica, pois segundo Maeoca (2012), o som necessita de um meio material para se propagar.

4.2.2 Qualidades fisiológicas do som

Conforme já mencionado, as qualidades fisiológicas do som que serão abordadas através de um olhar científico são timbre, duração, altura e a intensidade.

O primeiro aspecto do som a ser analisado é o timbre, que é a possibilidade de distinção entre sons emitidos por diferentes instrumentos, isto ocorre porque o som é uma composição de ondas sonoras, a presença dos harmônicos e suas intensidades

relativas na composição de cada nota são diferentes para sons produzidos por fontes diferentes, no caso dos instrumentos a geometria e o material determinam como as frequências fundamentais se manifestarão na emissão de cada som.

Segundo Valio (2014), o timbre representa uma qualidade da onda sonora, através dele conseguimos identificar as diferentes fontes sonoras, mesmo que elas emitam sons de mesma frequência. Do ponto de vista da música, o timbre nos permite identificar qual instrumento está emitindo uma determinada frequência.

Em termos musicais, cada figura musical possui um determinado valor de tempo associada a ela, esta qualidade sonora é conhecida como duração. De acordo com Henrique (2002), a duração pode ser física e psicológica, a respeito da primeira característica ele destaca ocorre quando o tempo é mensurado através de aparelhos, como por exemplos, relógios e cronômetros, a respeito da característica psicológica, ele afirma que ela representa uma sensação que o tempo físico desperta em nós.

A imagem abaixo, ilustra as figuras musicais e os respectivos valores de tempo associados a elas.

Figura 1: Duração das figuras musicais

Nome	Figuras de Som	Figuras de Silêncio	Duração
Semibreve			4 tempos
Mínima			2 tempos
Semínima			1 tempo
Colcheia			½ tempo
Semicolcheia			¼ tempo
Fusa			⅛ tempo
Semifusa			1/16 tempo

Fonte: A duração das figuras musicais, 2020.

Dessa forma, conforme demonstrado na imagem acima, as figuras musicais representam unidades de tempo, embora as relações entre as diferentes figuras são dadas por razões fixas, elas não têm necessariamente valores constantes, a figura nomeada por semibreve é a de maior valor temporal, as seguintes figuras, mínimas, semínimas, colcheia, semicolcheia, fusa e semifusa, são frações da semibreve, por exemplo, uma semibreve é o equivalente à quatro semínimas ou trinta e duas fusas.

Para Grillo (2016), a altura representa uma característica do som relacionada à frequência, tendo em vista que, ela permite distinguir os sons graves e agudos. Menezes (2003) afirma que, ela representa uma localização espacial da frequência, a qual é percebida e identificada como grosso modo, grave, médio ou agudo. Do ponto de vista musical, podemos dizer que cada nota corresponde a um determinado tipo de frequência, as notas cuja altura é identificada como grave possuem uma frequência baixa, mas aquelas em que a altura é considerada aguda possuem uma frequência alta.

Simbolicamente, na música as frequências das notas são representadas escrevendo-se as figuras de valores no *pentagrama*, esta estrutura é formada por um conjunto de cinco linhas e quatro espaços, dessa forma, as notas escritas mais acima representam frequências maiores, notas escritas mais abaixo representam frequências menores, e o nome das notas está diretamente relacionado com a frequência e a clave do respectivo compasso.

Por fim, podemos caracterizar a intensidade como uma quantidade de energia,

resultante de uma variação da pressão do meio, a qual é recebida por unidade de área, de acordo com Grillo (2016), a intensidade do som é uma característica física, que pode ser mensurada através de instrumentos acústicos, mas o volume de som representa uma “sensação fisiológica”.

Matematicamente, podemos definir a intensidade da seguinte forma:

$$I = \frac{P}{A}$$

Na equação acima temos os seguintes elementos, a intensidade sendo representada por “I”, a pressão por “P” e a área por “A”, do ponto de vista científico a equação determina que a intensidade pode ser definida e caracterizada, através de uma relação entre a pressão e área de uma superfície.

Do ponto de vista musical, a intensidade é verificada por meio de relações entre os sons fracos e fortes, que são representadas através das seguintes simbologias, pp, p, mp, mf, f e ff. Estas simbologias derivam do italiano, e significam respectivamente, pianíssimo (muito fraco), piano (fraco), mezzo piano (moderadamente fraco), mezzo forte (moderadamente intenso), forte (intenso) e fortíssimo (muito intenso).

4.3 A física e a música em ambiente escolar

Após tratarmos cientificamente os temas concernentes à música, chegou o momento de refletirmos nas vantagens e nas formas que devemos aplicar a física e a música em uma proposta de ensino dentro do ambiente escolar.

Observando as reflexões tratadas até então, podemos afirmar que a música é um elemento presente na cultura humana, de acordo com Ferreira & Silva (2019), ao analisarmos os efeitos dela, quando utilizada em ambiente escolar, observa-se que propicia a abertura de canais sensoriais, facilita a expressão de emoções, amplia a cultura geral e contribui para a formação integral do ser.

Considerando que, a música é uma forma de expressão humana, afirma-se que sua presença é importante no contexto educacional, pois proporciona um aprendizado interdisciplinar e lúdico possibilitando um aprendizado significativo, para Nogueira (2000), é através de uma aprendizagem significativa que os conceitos abordados são assimilados pelos alunos.

Com relação à física, sabe-se que em alguns casos, as aulas teóricas não são ministradas de forma adequada, por consequência, essas aulas tornam-se desmotivantes e ineficientes para o aprendizado dos alunos e, de fato, eles sentem-se desestimulados ao estudo, segundo Hazen (2006), a física é apontada pelos alunos como uma das disciplinas mais desinteressantes.

Uma maneira de tornar as aulas de física mais interativas e atrativas é através do uso de experimentos, segundo Araújo & Abib (2003), a utilização de atividades experimentais como uma estratégia de ensino, tem sido comprovado como uma das maneiras de diminuir as dificuldades de se aprender e de ensinar física de forma significativa e consistente, tornando a aula dinâmica e prática.

Portanto, conforme o proposto pelos referenciais teóricos, este trabalho buscou desenvolver uma proposta de ensino dinâmica, tendo como foco a interdisciplinaridade entre a física e a música, buscando proporcionar um enfoque investigativo. Da mesma maneira que Carrascosa (2006), acredita-se que os alunos devem participar ativamente dos processos de experimentações, e que a aprendizagem adquirida sirva para a vida do aluno como um todo, não apenas para sua vida escolar.

O interesse do trabalho é utilizar a proposta de ensino, como artifício para a construção de um conhecimento mais próximo da realidade do aluno, influenciando o aluno a ter atitudes positivas e ativas no decorrer do processo de ensino-aprendizagem, para Araújo & Abib (2003), o estímulo da participação ativa dos alunos, aumenta a probabilidade da elaboração de conhecimentos, e o desenvolvimento de habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência.

6 Material Didático

6.1 Xilofone

O xilofone é um instrumento musical de percussão, fabricado de placas de madeira e organizado de forma que as teclas fiquem dispostas uma ao lado da outra, de forma que as notas musicais crescem com relação à frequência da esquerda para a direita. As teclas são apoiadas sobre um suporte de madeira e elas são percutidas utilizando-se baquetas, cujas cabeças podem ser feitas com madeira dura, borracha ou outros materiais.

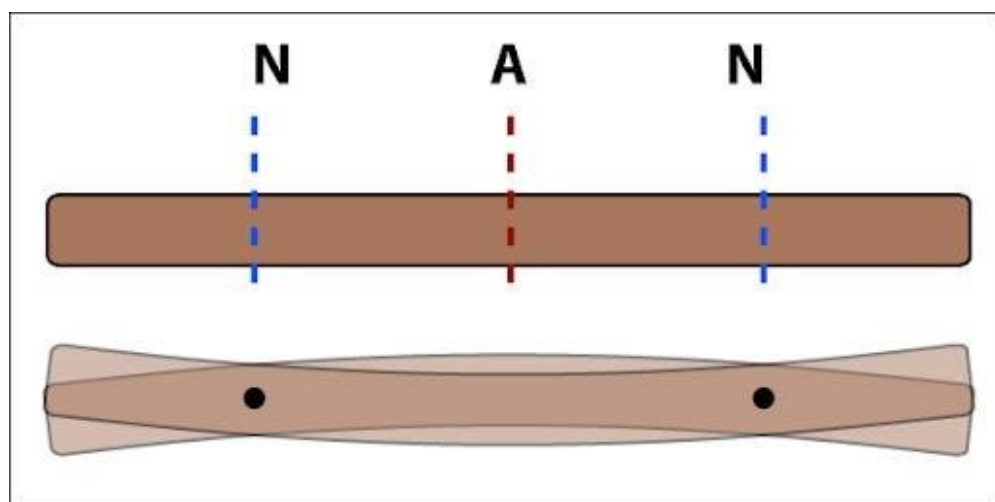
Um dos produtos desta proposta foi a fabricação de um xilofone artesanalmente, através do uso de materiais acessíveis, as teclas do xilofone foram esculpidas através do uso da esmerilhadeira, sendo assim o designe delas ficou com uma estética mais rústica, mas mesmo que ele não seja visualmente tão sofisticado quanto um xilofone profissional, conseguimos preservar as qualidades sonoras semelhantes à de um instrumento mais elaborado, visto que, como demonstrado nas fórmulas apresentados nas imagens abaixo, a modelagem matemática utilizada para compreender o comportamento das teclas do ponto de vista musical, foi capaz de comportar objetos com superfícies irregulares.

Conforme verificado nos tópicos anteriores, antes da fabricação dos materiais didáticos, realizamos uma revisão bibliográfica sobre a acústica e a resistência dos materiais, ou seja, investigamos a respeito das ondas sonoras e dos padrões produzidos através da propagação do som nos materiais utilizados na fabricação dos instrumentos.

Nesse contexto, o som que escutamos do xilofone, se deve pelo fato de que ao atingir uma das teclas de madeira com a baqueta, são provocadas vibrações em todo o material constituinte desta tecla. As vibrações, podem ser interpretadas como ondas estacionárias, que são resultantes do comportamento do material após o choque entre as baquetas e uma das teclas.

A formação destas ondas estacionárias se manifesta através do corpo da tecla, conforme demonstrado na figura 2:

Figura 2: Formação de ondas nas teclas do xilofone



Fonte: A driftwood marimba on the Beach of Improbability, 2016.

Figura 3: Xilofone confeccionado



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Através da figura 3, é visível que as teclas são apenas apoiadas e não presas, tal configuração possibilita que as teclas vibrem livremente ao serem atingidas pela baqueta. Portanto, ao vibrar uma das teclas são produzidos nós e antinós, conforme podemos verificar na figura 2. Além disso, ao apoiar as teclas no suporte, devemos apoiá-las exatamente nos locais em que se formam os nós, caso contrário pode atrapalhar a vibração das teclas e consequentemente prejudicar o som emitido por elas.

O som emitido por cada tecla tem relação direta com propriedades físicas da própria tecla, como por exemplo, o comprimento, a espessura, a densidade e a elasticidade linear do material (módulo de Young), a equação representada pela figura 3 expressa o cálculo, que nos fornece o valor da frequência emitida por uma tecla de xilofone, quando ela é atingida por uma baqueta, esta equação leva em conta todas as “variáveis” que foram mencionadas acima.

Figura 4: Equação da frequência de uma tecla de xilofone

$$f = 1,028 \frac{a}{L^2} \sqrt{\frac{Y}{d}}$$

Fonte: A driftwood marimba on the Beach of Improbability, 2016.

Na equação mostrada na figura 4 temos os seguintes elementos, “a” representa a espessura do material, “L” é o comprimento, “Y” é o módulo de Young, “d” é a

densidade do material, “1,028” é uma constante e f é a frequência ao qual a tecla vibrará ao ser atingida.

Dessa forma, podemos dizer que em um conjunto de teclas, as quais possuem o mesmo material, ou seja, apresentam o mesmo módulo de Young, a mesma densidade e a mesma espessura, porém variam apenas o comprimento, as teclas que possuírem o maior comprimento serão aquelas que ao serem atingidas apresentarão uma frequência menor, portanto serão mais “graves”.

Por outro lado, ao considerarmos o mesmo conjunto de teclas, porém ao invés de variarem o comprimento elas variem somente a espessura, as teclas que possuírem a maior espessura serão aquelas que ao vibrarem terão uma frequência maior, ou seja, serão mais “agudas”.

Analogamente, ao considerarmos um conjunto de teclas que variam somente com relação ao módulo de Young, temos que as teclas que apresentarem um material que possui um valor superior desta variável terão uma frequência maior do que as demais, e em contrapartida, ao fazermos esta relação considerando apenas a densidade como variável, as teclas que forem constituídas de um material que possui a maior densidade dentre as demais do conjunto analisado, essas apresentarão uma frequência resultante menor.

Portanto, através da equação representada pela figura 4 conseguimos calcular os comprimentos de cada tecla do xilofone que foi fabricado pela proposta, as teclas fabricadas estão representadas abaixo, pela figura 5:

Figura 5: Teclas do xilofone



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

O processo de afinação das teclas consiste em lixar sua parte inferior, dessa forma, na medida em que se retira o material através do desbaste, menor fica a frequência correspondente a esta tecla.

O procedimento de lixar a tecla é vantajoso do ponto de vista do som emitido pelo instrumento, pois ao desbastar somente no centro do material, as partes mais “pesadas do material” ficam localizadas nas extremidades da tecla, dessa maneira, temos como resultado uma onda de maior amplitude e conseqüentemente o som emitido terá maior intensidade.

6.1.1 Modelagem matemática utilizada para a construção das teclas do xilofone

Tendo em vista, que todas as teclas foram esculpidas através do uso da esmerilhadeira, sabemos que o instrumento produzido por este projeto é artesanal, sendo assim o design das teclas foi desenvolvido com uma estética mais rústica, mas mesmo que ele não seja visualmente tão sofisticado quanto um xilofone profissional, conseguimos preservar as qualidades sonoras semelhantes à de um instrumento mais elaborado, visto que, como será demonstrado nos cálculos apresentados nas imagens abaixo, a modelagem matemática utilizada para compreender o comportamento das teclas do ponto de vista musical, comporta objetos com superfícies irregulares, dessa forma o artefato que foi produzido, serviu como objeto de investigação para comprovar que as fórmulas matemáticas são suficientes para determinar a frequência de uma nota musical, a partir das dimensões físicas e as características intrínsecas do material constituinte de uma tecla de xilofone.

Vale ressaltar, que todas as imagens que serão apresentadas por este trabalho, especificamente aquelas que são fórmulas matemáticas responsáveis por descrever e representar o comportamento das teclas de um xilofone, foram imagens retiradas do livro “Music a mathematical offering” escrito por David J. Benson, além deste livro foram feitas muitas pesquisas sobre o comportamento das ondas transversais em hastes finas e rígidas, dentre os vídeos que vimos na plataforma do Youtube, assistimos as seguintes produções feitas por Jurnan Schilder, Mechanical Vibrations 60 - Beams 1 - Equation of Motion, Mechanical Vibrations 61 - Beams 2 - Equilibrium Analysis e Mechanical Vibrations 62 - Beams 3 - Natural Frequencies & Modes 1.

A teoria de ondas transversais em hastes finas e rígidas, pode ser aplicada nos xilofones. A suposição básica a ser feita para obtermos o termo diferencial é que os

termos provenientes da resistência ao movimento, que são causados pela inércia rotacional de um segmento da haste, são muito pequenos quando comparados com os termos da inércia linear vertical, dessa forma, o torque total do segmento da haste pode ser considerado zero.

Figura 6: Torque

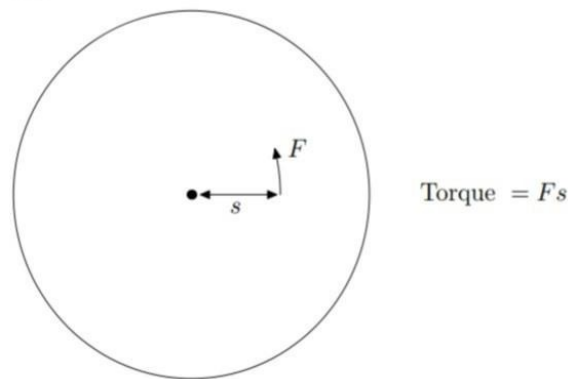
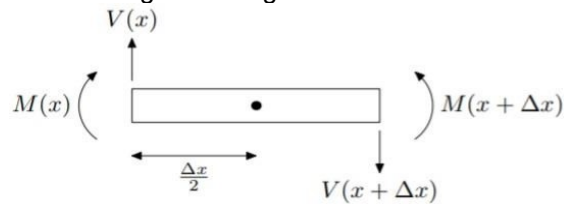


Figura 7: Segmento de haste



Considerando o segmento da haste de comprimento Δx , temos que, $V(x)$ é a força de cisalhamento, devido esta força o torque deste segmento é:

Figura 8: Força de cisalhamento

$$-V(x) \left(\frac{\Delta x}{2} \right) - V(x + \Delta x) \left(\frac{\Delta x}{2} \right) \approx -V(x) \Delta x$$

Ao desconsiderar a inércia rotacional, podemos dizer que o torque, ou momento fletor, $M(x)$ aplicado pelo segmento em um segmento adjacente satisfaz:

Figura 9: Momento Fletor

$$M(x + \Delta x) - M(x) - V(x) \Delta x \approx 0,$$

$$V(x) \approx \frac{M(x + \Delta x) - M(x)}{\Delta x}.$$

Para $\Delta x \rightarrow 0$, obtemos que:

Figura 10: Força de cisalhamento relacionada ao momento fletor

$$V(x) = \frac{dM(x)}{dx}.$$

Desta forma a força de cisalhamento pode ser calculada como:

Figura 11: Força de cisalhamento

$$V(x) - V(x + \Delta x) \approx -\Delta x \frac{dV(x)}{dx} \approx -\Delta x \frac{d^2 M(x)}{dx^2}.$$

Assim, as funções $V(x)$, $M(x)$, são funções de x e t , neste caso podemos reescrevê-las como:

Figura 12: Força de cisalhamento e momento fleto em função de x e t

$$-\Delta x \frac{\partial^2 M(x, t)}{\partial x^2}.$$

Temos que, a densidade linear da haste é ρ , desta maneira a massa do segmento é $\rho \times \Delta x$. Considerando y o deslocamento vertical, a segunda lei de Newton pode ser escrita como:

Figura 13: Segunda lei de Newton

$$-\Delta x \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} = \rho \Delta x \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} = 0.$$

Agora o momento de flexão M da haste possui relações com $\partial^2 y / \partial x^2$. Para podermos entender estas relações, precisamos compreender os conceitos de tensão, deformação e o módulo de Young.

Inicialmente uma força $F = F_2 - F_1$, a qual estica ou comprimi uma haste rígida e fina de comprimento L e área de secção A , o comprimento aumentará delta L . A

tensão será definida por:

Figura 14: Tensão

$$f = F/A.$$

A deformação será definida para ser proporcional ao aumento do comprimento:

Figura 15: Deformação

$$\epsilon = \Delta L/L.$$

A lei de Hooke para o comportamento da haste, no qual a deformação é proporcional à tensão:

Figura 16: Lei de Hooke

$$f = E\epsilon.$$

A constante de proporcionalidade E é chamada de módulo de Young (elasticidade longitudinal).

Ao analisarmos o momento de flexão de uma haste, vemos que, a linha neutra (representada pela linha pontilhada), localizada no centro da haste, a qual não é comprimida nem esticada, entretanto, um dos lados das superfícies, os filamentos horizontais da haste são comprimidos, enquanto o outro lado os filamentos são esticados. Adotar que, η é a distância entre o filamento e a linha neutra.

Temos que, R é o raio de curvatura da linha neutra, dessa forma o comprimento do segmento até a linha neutra é $R\Delta\theta$. O comprimento do filamento é $(R - \eta)\Delta\theta$, a deformação é $-(\eta\Delta\theta)/(R\Delta\theta) = -\eta/R$. Pela lei de Hooke a tensão do filamento é definida por $-E\eta\Delta A/R$, em que ΔA é a área de secção do filamento.

Considerando que a força horizontal é zero, pode-se definir que:

Figura 17: Força horizontal

$$-\frac{E}{R} \int \eta dA = 0$$

Dessa forma $\int \eta \, dA = 0$. Isto nos informa que a linha neutra passa exatamente pelo centro da área de secção. O momento de flexão pode ser obtido multiplicando por -1 e integrando:

Figura 18: Momento de flexão

$$M = \frac{E}{R} \int \eta^2 \, dA.$$

A equação $I = \int \eta^2 \, dA$ é chamado o momento seccional da área de secção da haste.

forma obtemos $M = -EI/R$. Agora a fórmula para a curvatura do raio é:

Figura 19: Curvatura do raio

$$R = \left(1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}} / \frac{d^2y}{dx^2}.$$

Combinando com a segunda lei de Newton para o movimento, temos que:

Figura 20: Equação de Euler-Bernoulli para hastes

$$1/R = \frac{d^2y}{dx^2}$$

$$M(x, t) = EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}.$$

$$\boxed{\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{EI}{\rho} \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = 0.}$$

Esta equação diferencial governa as ondas transversais em uma haste, é conhecida como equação de Euler-Bernoulli para hastes.

Agora, separando as soluções da equação, obtemos:

Figura 21: Separação de variáveis e das soluções da equação

$$y = f(x)g(t)$$

$$f(x)g''(t) + \frac{EI}{\rho} f^{(4)}(x)g(t) = 0$$

$$\frac{g''(t)}{g(t)} = -\frac{EI}{\rho} \frac{f^{(4)}(x)}{f(x)}.$$

A equação de $g(t)$ é múltiplo de $\sin(\omega t + \varphi)$, já a equação de $f(x)$ possui as soluções:

Figura 22: Equação para k

$$f(x) = A \sin \kappa x + B \cos \kappa x + C \sinh \kappa x + D \cosh \kappa x$$

$$\kappa = \sqrt[4]{\frac{\omega^2 \rho}{EI}}$$

Solução geral: $y = (A \sin \kappa x + B \cos \kappa x + C \sinh \kappa x + D \cosh \kappa x) \sin(\omega t + \varphi)$

As condições de contorno dependem do que acontece no fim da haste, estas condições fazem ω ter valores discretos.

No caso do xilofone, temos que as duas pontas da haste estão livres, para uma delas consideramos $x = 0$, enquanto para a outra $x = l$. As condições $\partial^2 y / \partial x^2 = 0$ e $\partial^3 y / \partial x^3 = 0$, em $x = 0$ temos $B = D$ e $A = C$. Estas condições de contorno em $x = l$, temos que:

Figura 23: Condições de contorno

$$A(\sinh \kappa l - \sin \kappa l) + B(\cosh \kappa l - \cos \kappa l) = 0$$

$$A(\cosh \kappa l - \cos \kappa l) + B(\sinh \kappa l + \sin \kappa l) = 0.$$

Estas equações admitem valores diferentes de zero em A e B , quando o determinante $(\sinh \kappa l - \sin \kappa l)(\sinh \kappa l + \sin \kappa l) - (\cosh \kappa l - \cos \kappa l)^2$ desaparece. Usando as relações de $\cosh^2 \kappa l - \sinh^2 \kappa l = 1$ e $\sin^2 \kappa l + \cos^2 \kappa l = 1$, as condições se transformam em:

Figura 24: Condições de contorno

$$\cosh \kappa l \cos \kappa l = 1.$$

Os valores de kl para estas equações, determina as frequências permitidas. Temos que, $\lambda = kl$, então este λ tem que ser solução da equação:

Figura 25: Condições de contorno

$$\cosh \lambda \cos \lambda = 1.$$

A frequência angular e a frequência são dadas por:

Figura 26: Equações da frequência angular e da frequência

$$\omega = \sqrt{\frac{EI}{\rho}} \frac{\lambda^2}{\ell^2}; \quad \nu = \frac{\omega}{2\pi} = \sqrt{\frac{EI}{\rho}} \frac{\lambda^2}{2\pi\ell^2}.$$

Considerando que I é o segundo momento de inércia da tecla do xilofone, temos que:

Figura 27: segundo momento de inercia para superfícies irregulares

$$I_y = \int x^2 dA$$

where

I_y = Area Moment of Inertia related to the y axis
(m^4 , mm^4 , $inches^4$)

x = the perpendicular distance from axis y to the element dA (m, mm, inches)

$$I_x = \int y^2 dA$$

where

I_x = Area Moment of Inertia related to the x axis
(m^4 , mm^4 , $inches^4$)

y = the perpendicular distance from axis x to the element dA (m, mm, inches)

dA = an elemental area (m^2 , mm^2 , $inches^2$)

Fonte: Area Moment of Inertia – Typical Cross Sections 1, 2008.

Vale lembrar que, nosso xilofone artesanal ficou com a teclas irregulares, estas equações apresentadas na figura acima, comprova que mesmo que o instrumento esteja com irregularidades é possível ajustar as medidas para se obter precisamente a frequência e a velocidade angular de cada tecla.

6.2 Tubos de PVC

Durante a elaboração do plano de aula da oficina, identificamos que o formalismo matemático exigido para a modelagem do comportamento sonoro das teclas do xilofone é muito complexo.

Sendo assim, visando tornar mais didático e analiticamente mais próximo da realidade dos estudantes do ensino médio, procuramos por instrumentos didáticos que fizessem o uso de conceitos científicos acessíveis à ZDI dos alunos (VIGOTSKI, 2001) e fórmulas matemáticas simplificadas, quando comparadas às teclas do xilofone.

Por meio de análises, concluímos que os tubos de PVC, além de serem materiais de fácil acesso, atendiam aos pré-requisitos exigidos por nossa proposta. Após a escolha do material, realizamos uma pesquisa exploratória, a fim de encontrar uma fórmula capaz de prever a frequência emitida por um tubo de PVC de dimensões previamente conhecidas. A partir disso, confeccionamos o kit e elaboramos uma sequência investigativa, a qual foi mencionada em nosso plano de aula localizado na seção anterior “Oficina”.

$$\text{Equação encontrada: } L = \frac{V}{4f} - 0,31 \times \phi_i$$

Na equação acima, “L” representa o comprimento do tubo, “V” a velocidade do som, “f” a frequência, o “0,31” é um fator de correção e “ ϕ_i ” corresponde ao diâmetro interno do tubo de PVC.

Logo abaixo, está uma imagem da confecção do “Kit de tubos de PVC” (figura 28).

Figura 28: Kit de tubos de PVC.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Vale ressaltar que, após a confecção do material realizamos alguns testes. Com o auxílio de um afinador, constatamos que a fórmula utilizada correspondia como os resultados obtidos no experimento. Além disso, os tubos possuíam uma boa sonoridade, ou seja, ao tocá-los podíamos identificar a frequência emitida pelo instrumento com clareza. Na figura 29, está representada uma tabela consta a dimensão de cada tubo em relação à sua frequência obtida por meio dos cálculos.

Figura 29: Tabela de confecção do “Kit de Tubos”.

Frequências (Notas musicais)	Dimensão esperada (cm)						
	C 4	D 4	E 4	F 4	G 4	A 4	B 4
Diâmetro 1	31,53	28,03	24,89	23,46	20,83	18,48	16,39
Diâmetro 2	31,31	27,8	24,66	23,22	20,59	18,25	16,16
Diâmetro 3	31,7	28,2	25,06	23,62	20,99	18,64	16,56

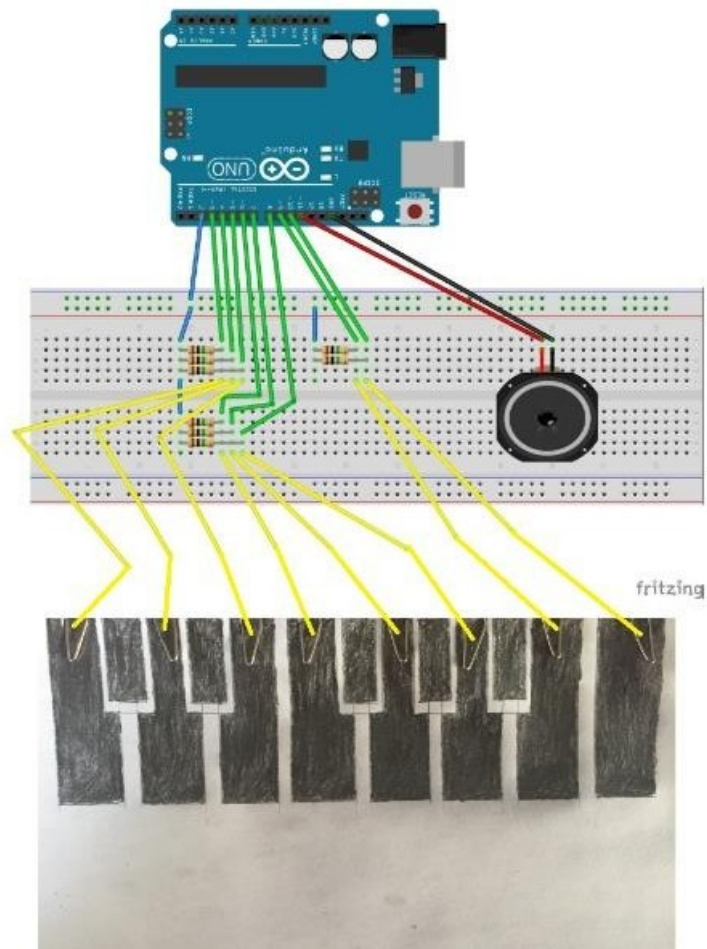
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

6.3 Piano Digital

O piano digital foi desenvolvido inicialmente com a utilização de uma pesquisa por modelos, para o aprimoramento de ideias pré-existentes. Na figura 9 está

apresentado o modelo pesquisado, que foi utilizado como base para a produção do piano.

Figura 30: Modelo de piano digital utilizando uma placa de Arduino.



Fonte: Project Hub.

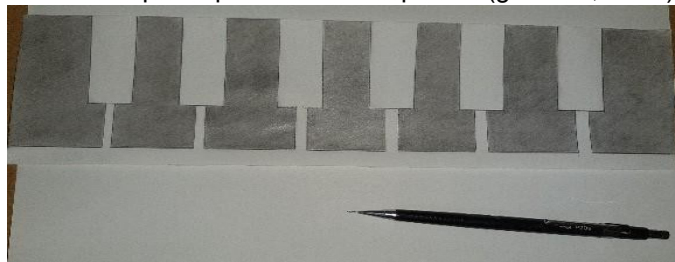
Inicialmente realizamos a confecção do piano digital, para isto fomos atrás dos materiais necessários, o primeiro realizamos a confecção de pianos por meio de desenho em sulfite A4, foram realizadas 10 pinturas.

Figura 31: Teclas do piano pintadas com lápis de cor



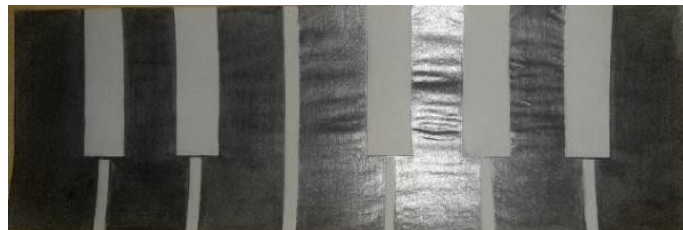
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Figura 32: Teclas do piano pintadas com lapiseira (grafite 0,5 mm)



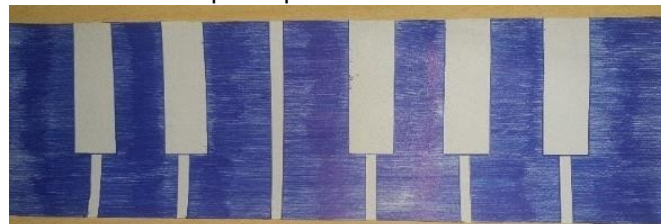
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Figura 33: Teclas do piano pintadas com lápis (grafite 8B)



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Figura 34: Teclas do piano pintadas com caneta bic azul



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Após isto, precisávamos do alto-falante, para isto, abrimos um celular inutilizável e resgatamos o alto-falante para ser utilizado no projeto, os processos ilustrados a partir das imagens abaixo.

Figura 35: Extração do alto-falante



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Contudo, concluímos que o alto-falante estava danificado, fizemos a extração do componente de outro aparelho eletrônico.

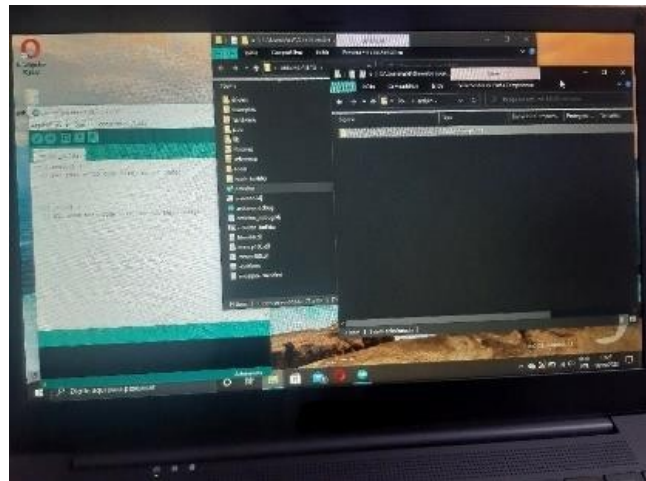
Figura 36: Extração do alto-falante



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Programação do Arduino para a confecção do piano digital, para que isto fosse possível baixou-se o programa Arduino 1.8.13.

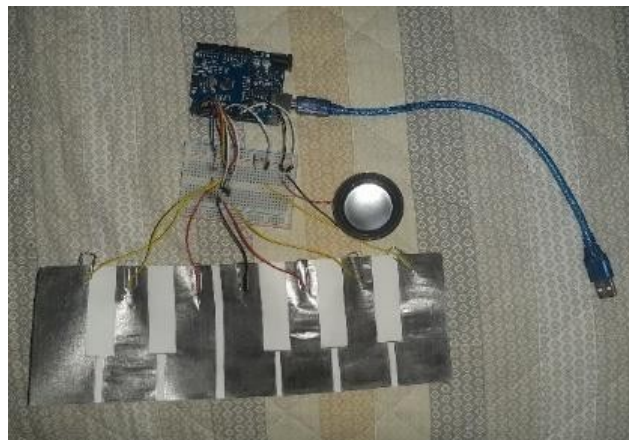
Figura 37: programa Arduino



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Por meio de pesquisas, em busca de um programa que funcionasse na construção do piano digital, conseguimos realizar a programação do arduino, após isto, adquirimos resistores de 1 megaohm e testamos a placa de Arduino.

Figura 38: Realização de testes



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Foram feitos testes, mas não obtivemos sucesso, após uma pesquisa minuciosa, detectamos que o alto-falante que adquirimos estava com problemas, dessa forma, fomos comprar um novo alto-falante.

Figura 39: alto-falante



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Um outro recurso utilizado para a saída de som foi o Buzzer, que está representado na figura abaixo

Figura 40: Buzzer.



Fonte: Baú da Eletrônica, 2022.

6.3.1 Testes do Piano Digital

Realizamos o teste dos materiais didáticos que já estavam prontos. Sentimos a necessidade de pesquisar por códigos mais simplificados e que atendiam a demanda exigida pela proposta da oficina. Após a busca, constatamos a existência de dois códigos, um deles era compatível com a placa do Arduino Uno R3 (figura 19) e o outro correspondia ao Arduino Leonardo R3 (figura 20).

Dessa forma, utilizamos ambos os códigos e placas, pois nosso intuito foi demonstrar aos alunos a versatilidade da programação, visto que, através de diferentes códigos e microcontroladores podemos obter produtos semelhantes.

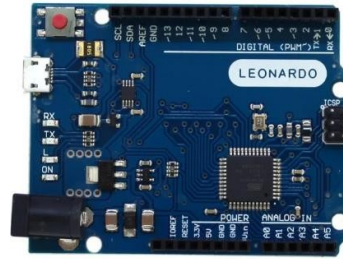
De maneira simplificada, a diferença entre o Arduino Uno e o Arduino Leonardo é a quantidade de entradas analógicas, quantidade de pinos que podem ser utilizados como PWM e as placas de microcontroladores.

Figura 41: Arduino Uno R3.



Fonte: Arduino, ino, ino: Original, Clone, Compatível ou mera Falsificação, 2014.

Figura 42: Arduino Leonardo.



Fonte: Eletrodex, 2021.

Com o novo código, além de otimizar a escrita, nós conseguimos reduzir a quantidade de componentes que necessitávamos utilizar para a construção do piano digital.

Uma outra alteração que realizamos no piano digital, foi a substituição do teclado de papel para “Push Button”. Quando testamos os equipamentos, constatamos uma interferência no sinal, pois ao encostar em uma das teclas de grafite (teclado de papel), ouvíamos o acionamento de duas ou mais notas ao mesmo tempo. Este defeito foi corrigido no instante em que atualizamos os códigos de programação e substituímos o teclado por Push Buttons.

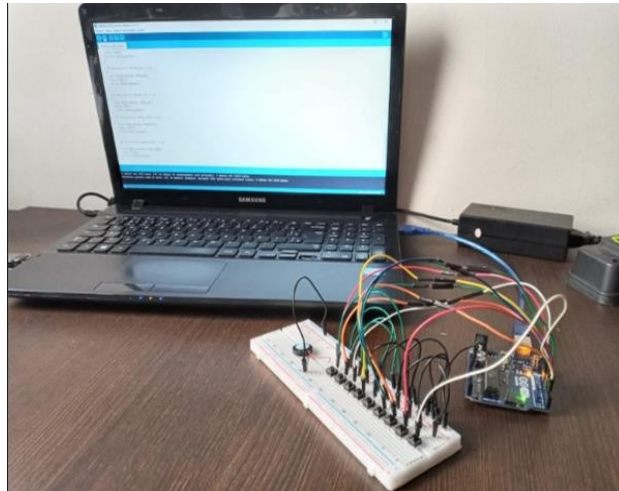
Figura 43: Push Button.



Fonte: Eletrogate, 2022.

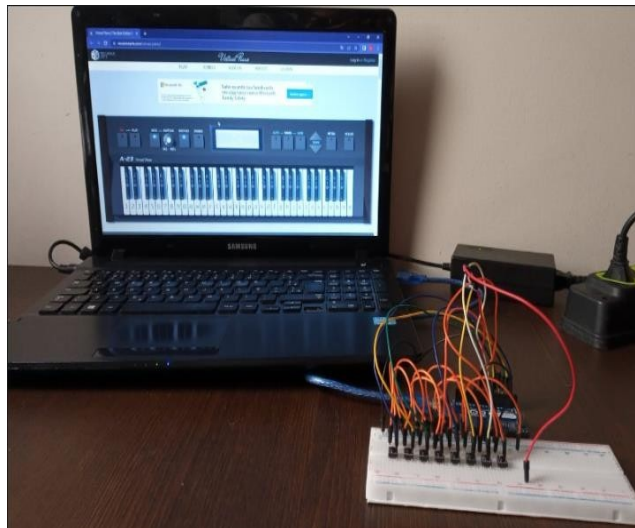
Logo abaixo, estão algumas imagens que mostram o processo de atualização dos códigos fontes das placas de Arduino.

Figura 44: Código fonte do piano digital (Arduino Uno).



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Figura 45: Código fonte do piano digital (Arduino Leonardo).



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Embora ambos os códigos possuem a finalidade de simular um piano, o código fonte elaborado para o Arduino Uno, faz com que o som do piano sai através de um alto-falante, enquanto isso, no Arduino Leonardo o som do instrumento é emitido pelo site <https://www.onlinepianist.com/virtual-piano>.

Figura 46: Alto-falante.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

7 Desenvolvimento da Oficina

7.1 Proposta de Ensino

A partir de um plano de aulas inicial, desenvolvemos uma oficina que integra conceitos de física aplicados à música, com a intenção de fomentar a interação entre os alunos, professores e materiais experimentais, promovendo o aprendizado de conceitos científicos e musicais, bem como contribuindo para que crianças e adolescentes desenvolvam mais curiosidades e afetividade por esses temas.

A atividade científica a ser apresentada pela proposta de ensino, deve possibilitar aos alunos a construção de muitas competências, visto que ela propõe a manipulação, o questionamento, o direito ao tateamento e ao erro, a observação, expressão, comunicação, verificação, análise e síntese (CHARPAK, 1996, p.26-27).

A partir deste ponto de vista, o aluno não se limita apenas ao trabalho de manipulação e observação, pois o caminho necessário para a resolução de problemas exige também reflexões, relatos, discussões, ponderações e explicações, este caminho para esta resolução corresponde a características de uma investigação científica (CARVALHO et al., 1999, p.31). Também, sabendo que “todo conhecimento é resposta a uma questão” (BACHELARD, 1996) e que a proposta de ensino investigativo vinculada aos experimentos foi cuidadosamente elaborada, é importante ressaltar que as atividades investigativas se fundamentam na ação dos alunos, não se limitando à simples manipulação ou observação (VIEIRA, 2005).

O instrumento escolhido para desenvolvimento da atividade é de fácil manuseio, aprendizagem, e de simples confecção, entretanto os conceitos científicos envolvidos na preparação do material não são simples, pois envolve muitos fatores para que o instrumento emita sons agradáveis, como por exemplo, o material constituinte do copo; o líquido que colocado dentro do copo, bem como sua densidade e volume.

O objeto instrumental, tem a função de aproximar os alunos de atividades que envolvam ciências e tecnologia, e proporcionando-os à realização de uma atividade musical.

Da mesma maneira que Roederer (2002) e Rossing (1990), acreditamos na importância de elaborar projetos interdisciplinares, pois são capazes de conectar os conhecimentos físicos aos assuntos que são de interesse dos alunos e que fazem parte do seu cotidiano. Portanto, a conexão que é estabelecida por meio de propostas interdisciplinares, propicia a aprendizagem e contribui para melhorar a qualidade do ensino. Segundo Fazenda (1994), a interdisciplinaridade possibilita o diálogo com as diversas ciências, tornando viável entender o saber como um todo e não fragmentado.

A partir da oficina desenvolvida, pretendíamos contribuir para estudos de conceitos científicos, em especial no ensino de física. Ademais, procuramos propor uma atividade prática que despertasse o interesse dos alunos. Concordamos com Moraes (2008), quando defende que as atividades práticas e experimentação são de suma importância para o ensino das Ciências porque “possibilitam aos alunos uma aproximação do trabalho científico e melhor compreensão dos processos de ação das ciências.”

Sendo assim, além das atividades práticas, a proposta trouxe a integração entre física, música e tecnologia no contexto escolar, procurando abordar conceitos relacionados ao xilofone e sua respectiva confecção, como frequência, intensidade, duração, timbre, propagação do som, ressonância, vibração. Durante abordagem, produzimos um xilofone com tubos de PVC e outro utilizando a placa de prototipagem Arduino, componentes eletrônicos simples e a programação de microcontroladores. De acordo com Mercado (2002, p.11), “o reconhecimento de uma sociedade cada vez mais tecnológica deve ser acompanhado da conscientização da necessidade de incluir nos currículos escolares as habilidades e competências para lidar com as novas tecnologias”.

7.2 Sequência Didática

O plano de aula produzido neste TCC, foi desenvolvido através de reuniões realizadas com o orientador, do estabelecimento de nosso referencial teórico e da pesquisa por modelos que atendessem a demanda de nosso projeto.

Logo abaixo, apresentamos o Roteiro Narrativo.

Roteiro narrativo de uma Sequência Investigativa

A proposta deste projeto, consiste em elaborar uma oficina adotando como princípio básico uma pedagogia de inspiração ausubeliana, sendo assim, entendemos que os conteúdos de ciências podem ser ensinados e aprendidos por meio de estratégias pedagógicas, como por exemplo a utilização de experimentos científicos, que priorizam a interação sociais entre o professor e o aluno.

Com esta proposta, pretendemos desenvolver atividades que favoreçam o contato direto do aluno com os experimentos e as interações sociais. Com isso, objetivamos afastar o discurso centrado no professor para um discurso centrado na interação entre o professor e o aluno. A partir dessas interações, o professor é munido de informações que lhe permitem avaliar o desenvolvimento da oficina e realizar ajustes conforme aquilo que está sendo proposto.

A seguir, apresentamos os planos de aulas das estratégias pedagógicas, a fim de direcionar as atividades específicas para o desenvolvimento das interações sociais. A oficina deveria ser desenvolvida durante 6 aulas de 45 minutos.

Aula 1 e 2

Nestas aulas, pretende-se explicar brevemente a física envolvida nas teclas do xilofone, além de elaborar uma prática experimental com materiais de baixo custo.

Dessa forma, além do xilofone e do piano digital, o bolsista elaborou um “kit de tubos de PVC”. O kit possui 24 tubos, dos quais, foram separados em 4 grupos de 6 tubos cada um. Os 6 tubos de cada grupo, foram afinados de Dó 4, dó de quarta oitava (264 Hertz), até o Si 4, si de quarta oitava (495 Hertz).

Portanto, o kit de tubos desenvolvido terá 4 grupos com 6 tubos cada um. Cada tubo deverá corresponder a uma das notas de uma escala diatônica maior (Dó 4, Ré

4, Mi 4, Fá 4, Sol 4, Lá 4 e Si 4).

A produção de cada tubo, conforme a afinação da escala diatônica maior, será acompanhada pela seguinte fórmula:

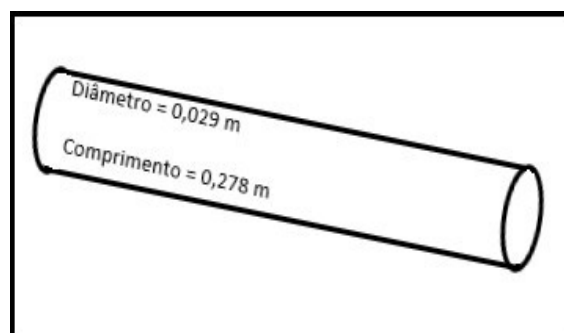
Figura 47: Fórmula para produção dos tubos segundo suas frequências.

$$L = \frac{V}{4f} - 0,31 \times D. \text{Interno}$$

Fonte: Tubos sonoros, 1999.

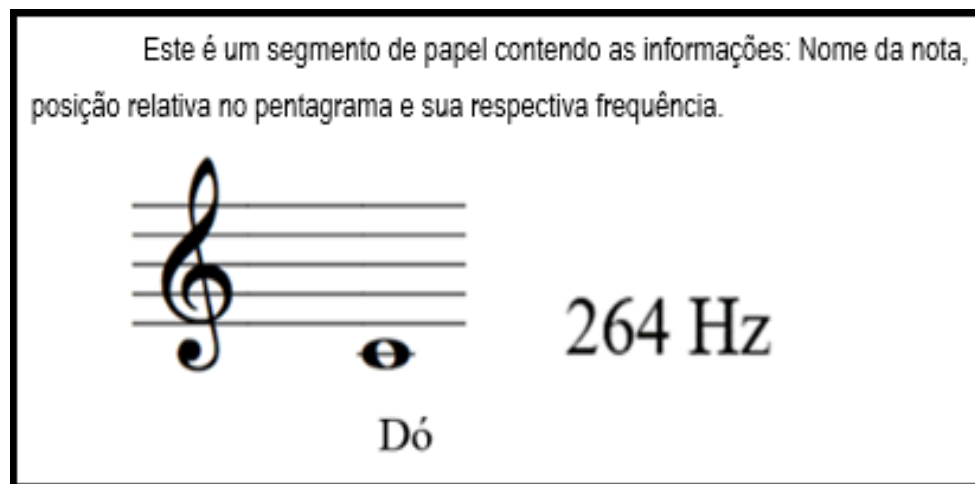
Além do “kit de tubos”, produzimos 24 etiquetas, em cada uma delas foi escrito o nome de uma nota musical, a representação no pentagrama e sua respectiva frequência. Das 24 etiquetas, 4 delas terá o nome da nota Dó 4 (264 Hz), 4 serão o Ré 4 (296 Hz), 4 irão corresponder ao Mi 4 (332 Hz), 4 etiquetas ao Fá 4 (352 Hz), em outras 4 estará escrito Sol 4 (396 Hz), 4 irão ser o Lá 4 (440 Hz) e finalmente as últimas 4 corresponderão ao Si 4 (499 Hz). Vale ressaltar que as etiquetas deverão ser adesivas, para que no momento da atividade os alunos possam colá-las em cada tudo. Além disso, conforme ilustrado na figura 2, cada tubo deverá ter a indicação do valor de seu diâmetro (metros) e respectivo comprimento (metros).

Figura 48: Tubo de PVC, com as indicações de comprimento e diâmetro (Ré 4).



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Figura 49: Nome, representação das notas (Dó) e sua respectiva frequência.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

No início da aula, deve-se mostrar o xilofone que foi produzido pela proposta e distribuir as teclas do instrumento, para que os alunos possam interagir com o material.

Por meio desse contato com o instrumento, é importante chamar a atenção dos alunos para os aspectos científicos do xilofone e o quanto eles foram relevantes para o processo de fabricação do instrumento. Como por exemplo, o processo de afinação do instrumento, no qual acontece por meio cálculos, que definem o tamanho da tecla e através do desbaste de sua parte inferior. Além disso, é importante deixar evidente que as teclas devem encostar no suporte exatamente nos “nós” da onda, visto que, dessa maneira, o som emitido por elas irá reverberar mais clara e intensamente.

Após este primeiro momento, será fornecida uma breve explicação sobre o que são ondas estacionárias e qual seu comportamento em tubos abertos. Além disso, pode-se mostrar aos alunos, por meio de um vídeo na plataforma do Youtube, a vibração da corda do violão em “slow motion”. A intenção deste vídeo, é ilustrar a relação entre os modos vibracionais da corda e o som produzido por elas (serão reservados cerca de 3 minutos para esta etapa da aula). Link para o vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=ZiMasyKJHvU> (Este vídeo possui duração de 45 segundos).

Nesta primeira etapa serão utilizados 40 minutos da aula.

Após a breve explicação, a classe é dividida em 4 grupos. Em seguida, distribui-se para cada grupo o “kit de tubos de PVC” e as etiquetas adesivas. Os alunos precisam vincular corretamente os papéis nos tubos de PVC. Dessa forma, por meio

de cálculos, cada grupo deverá associar o nome de cada nota à sua frequência correspondente e ao comprimento do tubo. Nessa etapa, é disponibilizada a seguinte fórmula:

Figura 50: Fórmula para descobrir a frequência emitida pelo tubo aberto.

$$f = \frac{V}{4(L + 0,31 \times D. \text{Interno})}$$

Fonte: Tubos sonoros, 1999.

Portanto, adotando V para velocidade do som (340 m/s), por meio da equação na figura 50, os alunos calculam a frequência que é emitida por cada tubo sonoro. O resultado obtido servirá para orientar qual das etiquetas deve ser colada em cada tubo analisado.

Após terem realizado todas as colagens, será requisitado para que coloquem em ordem crescente de frequências. Nesta segunda parte da aula, serão disponibilizados cerca de 40 minutos.

Figura 51: Disposição das teclas em um xilofone convencional.



Fonte: Meu Kids, 2020.

Proposta de avaliação

Os alunos podem ser avaliados de duas maneiras, a primeira está relacionada aos seguintes critérios: nível de participação durante a atividade proposta; realização da atividade de forma correta.

Com relação ao tópico “Realização da atividade de forma correta”, será considerado cumprido, caso o aluno tenha colado as etiquetas corretamente em cada tubo e tenha organizado eles conforme requisitado pela atividade.

A segunda maneira de avaliá-los, será através de um pequeno questionário que será distribuído para cada aluno após o término da atividade.

Questionário:

1. O que é o som?
 2. Faça uma ilustração de como as ondas sonoras se comportam em um tubo aberto?
 3. Será que o comprimento dos tubos tem uma relação direta com a frequência emitida por eles?
 4. O diâmetro também influencia? De que forma?
 5. Calcule a frequência emitida por um tubo sonoro de diâmetro interno de 25 cm e um comprimento de 2 m.
- (Adote que a velocidade do som é de 340 m/s).

Aula 3 e 4

Nas aulas 3 e 4, o piano digital será montado pelos alunos e devem ser discutidos alguns conceitos relacionados a alfabetização musical.

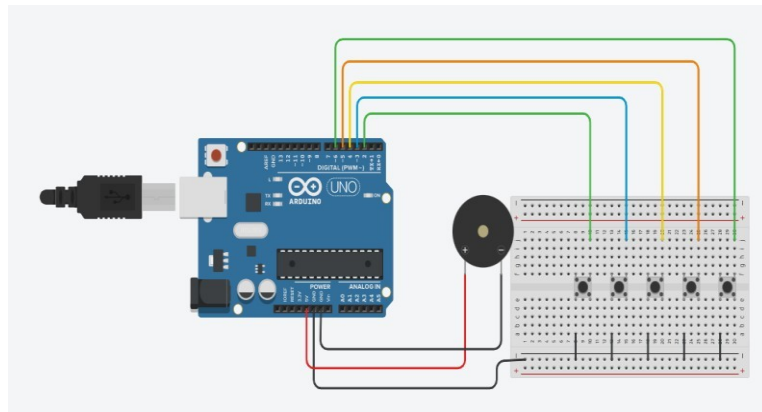
Conforme feito nas duas aulas anteriores, inicialmente os alunos deverão estar organizados em grupos. Em comparação com as duas aulas anteriores, esta atividade possui um caráter mais informativo, visto que, a música estará toda na programação desenvolvida através da interface do Arduino. Com isso, na primeira parte da aula, os elementos constituintes da sequência a ser proposta são a programação e o circuito eletrônico.

Vale ressaltar que, ao invés das teclas serem a fonte sonora, como verificamos nos xilofones que foram produzidos até então, no piano digital, elas não servirão como uma fonte sonora, mas sim como interruptores, que quando são acionados permitem a passagem de corrente elétrica e promovem, por meio da programação, a produção do som pelos alto-falantes. Dessa forma, nesta aula iremos gerar ondas sonoras a partir do eletromagnetismo presente no funcionamento de um alto-falante.

Sobre o piano digital, ele possui os seguintes materiais: uma placa Arduino, Protoboard, jumpers, cabo USB, Push Buttons e um Notebook ou Desktop.

Cada grupo terá acesso a um notebook que contenha a programação do piano digital pré-inserida no software “Arduino IDE” e os estudantes terão a tarefa de montar o piano através da imagem mostrada pelo projetor (figura 32).

Figura 52: Circuito Eletrônico do piano Digital



Fonte: TinkerCad, 2022.

Após a montagem, deve ser explicado como os pianos digitais produzem sons através dos elementos contidos na programação. Inicialmente, é válido que o docente pergunte se alguém da sala conhece sobre o assunto que será tratado, ou se eventualmente teve algum contato com a placa Arduino.

Além de esclarecer que o som tem a ver com a programação, é importante deixar explícito que a produção do som neste instrumento é diferente daquela observada nos xilofones, pois é originada a partir da excitação de uma membrana do alto-falante. Esta vibração é controlada através da programação do código fonte do Arduino.

A fim de deixar mais claro como a produção de som acontece nos alto-falantes, pode ser projetado o seguinte vídeo:

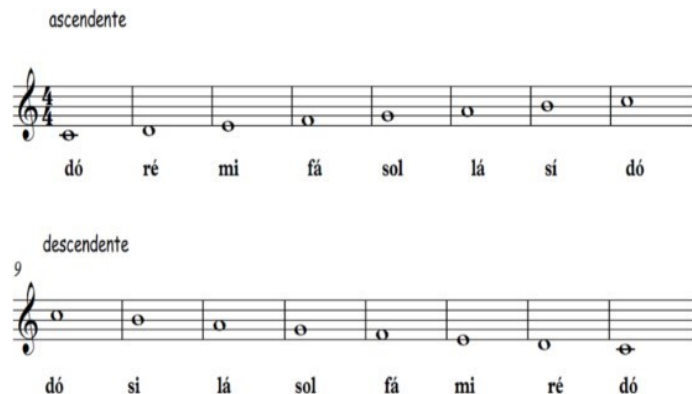
<https://www.youtube.com/watch?v=ZNhCJTcXwkU> (Este vídeo possui duração de 3 minutos 45 segundos).

Este vídeo, apresenta como o som é produzido pelo alto-falante e como o percebemos através de nossos sensores auditivos. Para esta primeira parte da aula, é importante que se explique que os Push Buttons são componentes eletrônicos, que

quando pressionados fecham o circuito elétrico, conseqüentemente é emitido um som, cuja frequência está pré-definida pela programação da placa. Para este primeiro momento da aula, serão utilizados 50 minutos.

Após esta primeira parte da aula, o docente escreverá na lousa (ou irá projetar) a imagem de uma escala em dó maior (figura 53).

Figura 53: Escala dó maior



Fonte: Escala em dó maior no violão, 2019.

A imagem terá uma função ilustrativa, servirá para auxiliar o docente a explicar que, as frequências das notas são representadas escrevendo-se as figuras de valores no *pentagrama*, esta estrutura é formada por um conjunto de cinco linhas e quatro espaços. As notas escritas mais acima, representam frequências maiores, notas escritas mais abaixo representam frequências menores, o nome das notas está diretamente relacionado com a frequência e a clave do respectivo compasso.

As únicas informações que o docente precisará fornecer, é que a pauta musical serve para representar as notas musicais, e que o local onde a nota está representada determina a sua “altura” que está diretamente relacionada com sua frequência. Caso, ainda sobre tempo de aula, pode-se projetar alguns exercícios de nomenclatura musical, cuja tarefa dos estudantes é nomear as notas que estão representadas na pauta (figura 54). Para esta etapa final, serão gastos 30 minutos de aula.

Figura 54: Exercício de nomenclatura musical

COLOQUE O NOME NAS NOTAS



Fonte: Colocar o nome, 2012.

Aula 5 e 6

Dinâmica musical

Inicialmente, distribui-se para cada grupo uma folha contendo a partitura da música “Brilha, Estrelinha”. É importante observar que, o título da partitura será omitido. Além disso, conforme demonstrado na figura 10, a fim de facilitar o aprendizado e a leitura musical, anexamos abaixo de cada figura de valor da música selecionada, o nome de cada nota segundo sua altura relativa no pentagrama.

Depois de distribuídas as folhas, será solicitado que um integrante de cada grupo se voluntarie a tocar a canção. Com isso, enquanto um grupo tenta tocar a partitura que foi distribuída, os demais grupos ficarão encarregados de descobrirem qual música está sendo tocada.

Logo em seguida, será distribuída a todos os grupos a partitura da música “Coelhinho da Páscoa”, diferente das demais, esta partitura terá anexada abaixo de cada figura musical o valor da frequência em hertz associada a ela. Com isso, os alunos interessados irão se voluntariar a tocar a música.

Concluídas estas etapas, caso ainda sobre tempo de aula, a atividade “Dinâmica musical” (que foi realizada com a música “Brilha, Estrelinha”) será repetida, o docente deverá utilizar a partitura “Atirei o pau no gato”, pois ela exige conceitos mais complexos do que aquelas que foram utilizadas nas atividades anteriores.

Sobre o termo “conceitos mais complexos”, para caracterizar uma música como complexa, adotamos os seguintes critérios: velocidade exigida na execução da canção, diversidade de figuras musicais (mínima, semínima, colcheia e semicolcheia)

e uma taxa de variação relativamente alta, com relação às alturas das notas musicais no decorrer do trecho musical, ou seja, partituras que fazem uso de toda a tessitura oferecida pelo instrumento (o conceito de tessitura será explicado mais adiante).

Logo abaixo, estão apresentadas imagens das músicas a serem utilizadas para o desenvolvimento da “dinâmica musical”.

Figura 55: Brilha, Estrelinha



Fonte: Brilha, Estrelinha, 2022

Figura 56: Coelhinho da Páscoa

Dó = 264 Hz.
 Ré = 290 Hz.
 Mi = 330 Hz.
 Fá = 350 Hz.
 Sol = 390 Hz.
 Lá = 440 Hz.
 Si = 490 Hz.
 Dó = 520 Hz.

Cada um dos valores apresentados na partitura estão expressos em hertz (Hz).

Fonte: Coelhinho da Páscoa, 2022.

Figura 57: Noite Feliz

Fonte: Noite Feliz, 2022.

Figura 58: Jingle Bell



Fonte: Jingle Bell, 2022.

Figura 59: Atirei o pau no gato



Fonte: Atirei o pau no gato, 2022.

Figura 60: A Barata diz que tem



Fonte: A barata diz que tem, 2022.

É importante ressaltar que adotamos como parâmetro, para a escolha das músicas, aquelas que tivessem uma melodia simples, que fossem amplamente conhecidas, que estivessem escritas na clave de sol e com a tonalidade em dó maior, ou seja, músicas que não possuem acidentes (sustenidos e bemóis) e que fossem fáceis de ler e compreender.

Além disso, tivemos que optar pelas melodias que tivessem uma tessitura compatível a do piano digital construído pelo projeto (a tessitura, refere-se ao conjunto de notas utilizada pelo instrumento musical), a qual compreende o intervalo de Dó (4ª oitava) até Dó (5ª oitava).

Para avaliar a o desenvolvimento da aula, pode-se verificar o interesse de participação e o quanto os alunos estão acertando ou errando em relação ao proposto.

8 Conclusões

O trabalho dissertado por este TCC, apresenta as reflexões de física e da música, e explicita uma proposta de ensino interdisciplinar, cujos objetivos são claros e definidos, que podem ser aplicados no cotidiano escolar. É importante, que a educação faça sentido para a vida do aluno, tanto no ambiente escolar, como em sua vida particular.

Encontramos nesta proposta interdisciplinar, um instrumento forte para poder alcançar muitos objetivos pedagógicos, como por exemplo, a interdisciplinaridade e o ensino investigativo.

É importante aplicar práticas experimentais, utilizando-se abordagens de cunho investigativo, pois conforme demonstrado neste trabalho, essa estratégia pedagógica proporciona ao aluno a capacidade de conciliar o seu cotidiano à teoria de forma prática, incentivando-os a participarem mais das aulas, além de despertar o interesse pela ciência.

Ademais, é necessário sempre buscar um melhor aproveitamento dos benefícios que a música pode proporcionar, para isso é necessário elaborar mais propostas pedagógicas capazes de incluir a música como um instrumento de trabalho.

Finalmente, esperamos que a sequência didática e os conceitos apresentados por esta monografia possam servir de inspiração, a fim de incentivar o desenvolvimento de mais propostas de ensino capazes de envolver a música e atividades experimentais como recursos didáticos.

REFERÊNCIAS

- A, J.; PÉREZ, D.G.; VILCHES, A.; VALDÉS, P. Papel de la actividad experimental en la educación científica. Caderno Brasileiro do Ensino de Física – Vol. 23, n. 2: p. 157-181, 2006.
- ARAÚJO, M.S.T. de; ABIB, M.L.V. dos S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 2, p. 176 - 194, 2003.
- BACHELARD, G. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Contraponto. Rio de Janeiro, 1996.
- BRÉSCIA, Vera Lúcia Pessagno. Educação Musical: bases psicológicas e ação preventiva. São Paulo: Átomo, 2003.
- CARRASCOS A, J.; PÉREZ, D.G.; VILCHES, A.; VALDÉS, P. Papel de la actividad experimental en la educación científica. Caderno Brasileiro do Ensino de Física – Vol. 23, n. 2: p. 157-181, 2006.
- CAVALCANTE, João et al. FÍSICA E MÚSICA: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR. Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências, [S.I.], v. 5, n. 9, abr. 2017. ISSN 1984-7505. Disponível em: <<http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/50>>. Acesso em: 09 dez. 2021.
- FAZENDA, I. C. A. Interdisciplinaridades: história, teoria e pesquisa. Campinas: Papirus, 1994.
- FERREIRA, J. F., SILVA, J. F. A importância da música no contexto da educação especial. Humanidades & tecnologia em Revista (FINOM) – ISSN: 1809-1628. Ano XIII, vol.16 – Jan – Dez 2019. Disponível em: http://revistas.icesp.br/index.php/FINOM_Humanidade_Tecnologia/article/view/660. Acesso em: 09 dez. 2021.
- HAZEN, R. M. Física Viva. v. 2, Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- KRUMMENAUER, W. L., et al. O uso de instrumentos musicais como ferramenta motivadora para o ensino de acústica no ensino médio. Física na Escola. v.10. n.2, 2009.
- LEHRER, J. The future of science is art? Disponível em: <https://environment.lafayette.edu/2010/04/05/the-future-of-science-is-art/> . Acesso em: 6 de dezembro de 2021.
- MERCADO, L. P. L. Formação Docente e novas tecnologias. In: MERCADO, L. P. L. (org.). Novas Tecnologias na educação: reflexões sobre a prática. Maceió: EDUFAL, 2002. p. 11-28.
- MORAES, R. Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas. 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.
- NOGUEIRA, J. de S.; RINALDI, C.; FERREIRA, J.M.; PAULO, S.R. de. Utilização do Computador como Instrumento de Ensino: Uma Perspectiva de Aprendizagem Significativa. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 4, p. 517 - 522, 2000

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica, 2: fluidos, oscilações e ondas, calor. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

POMBO, O. Interdisciplinaridade: Conceitos, problemas e perspectivas. Revista Brasileira de Educação Médica. Rio de Janeiro, v. 1, no 30, 2004.

ROCHA, J.F.M. (org.). Origens e evolução das ideias da Física. Salvador: EDUFBA. p. 21-36.2002.

ROEDERER, J. G. Introdução à Física e Psicofísica da Música. São Paulo: Edusp, 2002.

ROSSING, T. D. The Science of Sound. EUA: Addison-Wesley, 1990.

SNYDERS, G. A Alegria na Escola. São Paulo: Manole, 1988.

VIEIRA, R. M. B.; SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.. L.Y.R.A. – Laboratory of Inquiring in Robotics and Astronautics. CONEXÃO CIÊNCIA (ONLINE), v. 12, p. 210-216, 2017