



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Banda Sustentável: Confeção de instrumentos musicais no ensino da acústica.

José Alex Viana da Silva

Brasília – UnB

2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Banda Sustentável: Confeção de instrumentos musicais no ensino da acústica.

José Alex Viana da Silva

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade de Brasília na conclusão do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:

Prof. Dr. Ademir Eugênio de Santana

Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima da Silva Verdeaux

Brasília – UnB

2018

Banda Sustentável: Confeção de instrumentos musicais no ensino da acústica.

José Alex Viana da Silva

Orientadores:

Prof. Dr. Ademir Eugênio de Santana
Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima da Silva Verdeaux

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade de Brasília na conclusão do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

Dr. Ademir Eugênio de Santana

Dr. Adriana Pereira Ibaldo

Dr. Samuel José Simon Rodrigues

Brasília – UNB

Julho de 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Viana, José Alex da Silva

Banda musical Sustentável: Confeção de instrumentos musicais no ensino da acústica. / José Alex Viana da Silva; Orientadores: Ademir Eugênio de Santana; Maria de Fátima da Silva Verdeaux - Brasília: UNB / IF, 2018.

Quantidade de páginas: 122

Orientador: Ademir Eugênio de Santana

Dissertação (Mestrado – Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física da Universidade de Brasília, 2018.

1. Ensino de Física. 2. Confeção de instrumentos musicais. 3. Qualidade fisiológica do som. 4. Análise qualitativa. 5. Metodologia crítica social de Paulo Freire.

Dedicatória

À minha esposa Fernanda Viviane e meu filho Matheus Viana pelo apoio incondicional em todos os momentos, pela paciência e compreensão das minhas ausências, pelas palavras sábias em momentos difíceis e por sempre acreditarem na minha capacidade me motivando sempre a conquistar novos caminhos.

Vocês fizeram com que tudo isso valesse a pena, amo vocês.

Pos meus pais José Marques e Maria Marlene (in memoriam), por ter me ensinado os valores de um homem de bem, os quais carrego em minha vida.

Pos meus irmãos Marta Iva, Claudilene Oliveira, Wilson Viana, Werllem Viana, William Viana, pessoas amadas, os quais trago em meu coração.

Agradecimentos

Aos meus orientadores Ademir Santana e Maria de Fátima, os quais tenho muito respeito e admiração, cujo o apoio, dedicação, paciência e contribuição foram fundamentais para existência deste projeto.

A todos os professores e colegas do curso, em especial meu amigo Chaul, pelo incentivo, apoio e dedicação em transformar esse sonho em realidade.

As Professoras Hortência e Andreza, pela dedicação e ajuda na aplicação do projeto.

RESUMO

Banda Sustentável: Confeção de instrumentos musicais no ensino da acústica.

José Alex Viana da Silva

Orientadores:

Prof. Dr. Ademir Eugênio de Santana

Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima da Silva Verdeaux

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade de Brasília na conclusão do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Neste trabalho apresentamos uma proposta de ensino de acústica através da construção de instrumentos musicais baseado nos nipes de uma orquestra (cordofones, idiofones, aerofones e membranofones). Trabalhamos com uma metodologia qualitativa, abordando uma tendência crítica social freiriana, visando um ensino dialógico e temático (física e música), proposto através de uma problemática com vista a uma reflexão crítica e autônoma dos estudantes envolvidos. Essa atividade foi desenvolvida em turmas da segunda série do ensino médio, numa escola privada de Brasília, localizada na cidade de Águas Claras. A proposta gerou um Produto educacional, na forma de uma sequência didática, que foi aplicada em seis encontros, no contra turno. Os estudantes, mediado pelo professor, tiveram que confeccionar instrumentos musicais, coletar, com ajuda de aplicativos de smartphones, as grandezas físicas ligada a cada instrumento, demonstrando-as em forma de tabelas e gráficos e finalizando com o uso dos instrumentos numa banda musical, esta formada por cada grupo de estudantes envolvidos na proposta.

Palavras-chave: Ensino de Física, Física e música, Confeção de instrumentos musicais, Ensino qualitativo, Paulo Freire.

Brasília – UNB

Julho de 2018

ABSTRACT

Sustainable Band: Confection of musical instruments in the teaching of acoustics.

José Alex Viana da Silva

Supervisor(s):

Prof. Dr. Ademir Eugênio de Santana

Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima da Silva Verdeaux

Abstract of master's thesis submitted to Post Graduation program in Physics Teaching of the Physics Institute of University of Brasília at the conclusion of Professional Master Course of Physics Teaching (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the Master degree in Physics Teaching.

In this work we consider an approach for teaching acoustic, through the construction of musical instruments of a orchestra napes (chordophones, idiophones, aerophones and membranophone). We work with a qualitative methodology, considering a Freirian critical-social approach, having as a goal a dialogic and thematic teaching (physics and music), developed via a problematic, considering that the students should carried out by themselves a critical analysis. These activities where developed in a private high school in Brasilia, Aguas Claras. The methodology gave rise to a Educational Product in the form of a didactic sequence, which were applied in six meeting in the counter-term. The students, mediated by the teacher, had to built up the musical instruments, to get, with the help of smart-phone, physical variables associated to each instrument, showing the variables in tables and graphics; and at the end, the students had to use the instruments in musical band composed by themselves.

Keywords: Physics education, Physics and Music, Musical Instrument Making, Qualitative Teaching, Paulo Freire.

BRASÍLIA - UNB
July and 2018

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
2.1 Pedagogia freiriana.....	6
2.2 Sequência didática de aprendizagem.....	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1 Ensino da acústica usando instrumentos musicais	11
3.2 Pesquisa Qualitativa	14
4. METODOLOGIA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA APLICADA.....	17
4.1 Metodologia da pesquisa.....	17
4.2 Ambiente escolar e comunidade escolar.	18
4.3 Sequencia didática.....	18
5. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	25
5.1 Análise do teste	25
5.2 Análise da questão aberta.....	39
5.3 Análise das apresentações dos estudantes com abordagem nas tabelas de frequências, nos gráficos de intensidade sonora em função da distância e instrumentos musicais confeccionados.....	44
5.4 Análise de trecho das redações proposta para os estudantes com o tema poluição sonora.....	75
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
Apêndice A: Produto Educacional	83
1. INTRODUÇÃO.....	84

2.	A PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA	88
2.1.	Primeiro encontro: objetivos e métodos	89
2.2.	Segundo encontro: materiais e procedimentos	93
2.3.	Terceiro encontro: qualidades fisiológicas do som	94
2.4.	Quarto encontro: instrumentos musicais	95
2.5.	Quinto encontro: apresentação – 1ª parte	95
2.6.	Sexto encontro: apresentação – 2ª parte	96
3.	APRESENTAÇÃO PARA A COMUNIDADE ESCOLAR	97
4.	REDAÇÃO: UMA PROPOSTA DE AVALIAÇÃO	98
5.	TEXTOS DE APOIOS	99
5.1	Naipes: grupos de instrumentos de uma orquestra.	99
5.2	Afinação de um cordofone.	104
6.	Referências Bibliográficas.....	107

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 01 _____	26
Gráfico 2: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 02 _____	28
Gráfico 3: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 03 _____	29
Gráfico 4: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 04 _____	31
Gráfico 5: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 05 _____	32
Gráfico 6: Relação da frequência com o nível sonoro (dB) da questão 06 _____	33
Gráfico 7: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 06 _____	34
Gráfico 8: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 07 _____	35
Gráfico 9: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 08 _____	36
Gráfico 10: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 09 _____	37
Gráfico 11: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 010 _____	38
Gráfico 12: Gráfico da intensidade sonora em função da distância, do Cajon. Grupo 2A. _____	64
Gráfico 13: Intensidade em função da distância do pandeiro, grupo 2A _____	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Trecho descritivo da questão aberta: A1 _____	39
Figura 2: Trecho descritivo da questão aberta: A2 _____	40
Figura 3: Trecho descritivo da questão aberta: A3 _____	40
Figura 4: Trecho descritivo da questão aberta: A4 _____	42
Figura 5: Trecho descritivo da questão aberta: A5 _____	42
Figura 6: Trecho descritivo da questão aberta: A6 _____	43
Figura 7: Trecho descritivo da questão aberta: A7 _____	43
Figura 8: Trecho descritivo da questão aberta: A8 _____	44
Figura 9: Chocalho confeccionado pelo grupo 1A _____	45
Figura 10: Frequência emitida pelo chocalho do grupo 1A _____	46
Figura 11: Flauta de Pan, confeccionado pelo grupo 1A _____	47
Figura 12: Análise das frequências da flauta de Pan do grupo 1A _____	48
Figura 13: Violão, da família dos cordofones, confeccionado pelo grupo 1A _____	49
Figura 14: Frequências emitidas pelo violão do grupo 1A _____	49
Figura 15: Tambor confeccionado pelo grupo 1A _____	50
Figura 16: Intensidade sonoras atingidas pelos instrumentos do grupo 1A. _____	51
Figura 17: Gráfico da intensidade sonora versus a distância, do grupo 1A _____	51
Figura 18: Soma das intensidades sonoras de todos os instrumentos do grupo 1A _____	52
Figura 19: Construção do Cajon do grupo 1B. _____	53
Figura 20: Cajon final do grupo 1B com as frequências atingidas. _____	53
Figura 21: Confeção da cítara pelo grupo 1B _____	54
Figura 22: Cítara pronta com as frequências atingida por cada corda _____	54
Figura 23: Tambor e tabela de frequências do grupo 1B _____	55
Figura 24: Flauta e tabela de frequência do grupo 1B _____	55
Figura 25: Gráficos das intensidades sonoras em função da distância dos instrumentos do grupo 1B _____	56
Figura 26: Tambor confeccionado pelo grupo 1C, sem uma caixa de ressonância. _____	56
Figura 27: Gráfico da intensidade sonora em função do espaço, do grupo 1C _____	57
Figura 28: Flauta de Pan, confeccionada pelo grupo 1C. _____	57
Figura 29: O gráfico de intensidade em função da distância da flauta de Pan do grupo 1C _____	57
Figura 30: Cítara confeccionada pelo grupo 1C _____	58

Figura 31: Gráfico da intensidade sonora em função da distância do grupo 1C. _____	58
Figura 32: Maracas, instrumento idiofônico confeccionado pelo grupo 1C _____	59
Figura 33: Gráfico da intensidade em função da distância do instrumento maracas do grupo 1C _____	59
Figura 34: Frequências obtidas dos instrumentos do grupo 1C. _____	60
Figura 35: móvel usado para a confecção do Cajon com a esteira de vibração, grupo 2A _____	61
Figura 36: Esteira instalada no móvel. _____	62
Figura 37: Fazendo um furo no móvel e instrumento pronto. _____	63
Figura 38: Frequência atingida pelo Cajon, grupo 2A _____	64
Figura 39: Formato da onda grave e aguda do Cajon, grupo 2A _____	65
Figura 40: Materiais usados pelo grupo 2A, para a confecção do pandeiro _____	65
Figura 41: Fazendo os furos na madeira _____	66
Figura 42: Colocando as tampinhas no pandeiro, grupo 2A _____	66
Figura 43: Colando a membrana no pandeiro, Grupo 2A _____	66
Figura 44: Formato da onda grave e aguda do pandeiro, grupo 2A _____	68
Figura 45: Construção da flauta doce do grupo 2A _____	68
Figura 46: Frequências obtidas da flauta transversal de PVC, grupo 2A _____	69
Figura 47: Confecção do violão de duas cordas, grupo 2A _____	70
Figura 48: Frequências do violão de duas cordas, grupo 2A _____	70
Figura 49: Baixo, confeccionado pelo grupo 2C _____	71
Figura 50: Kazoo, confeccionado pelo grupo 2C _____	71
Figura 51: Corte da cabaça, para a confecção do cavaquinho, grupo 1E _____	72
Figura 52: braço e corpo do cavaquinho, grupo 1E _____	73
Figura 53: Fazendo os fulcros no cavaquinho, grupo 1E _____	73
Figura 54: Acabamentos finos no cavaquinho, grupo 1E _____	74
Figura 55: Colocando as cordas do cavaquinho, grupo 1E _____	74
Figura 56: Cavaquinho pronto, grupo 1E _____	75
Figura 57: Redação da aluna 1M, trecho 1 _____	76
Figura 58: Redação da aluna 1M, trecho 2 _____	76
Figura 59: Redação da aluna 2A, trecho 01 _____	76
Figura 60: Redação da aluna 2A, trecho 02 _____	77
Figura 61: Redação do aluno 3D, trecho 01 _____	77

Figura 62: Redação do aluno 3D, trecho 02 _____	77
Figura 63: Instrumentos confeccionados pela Orquestra Landfill Harmonic _____	90
Figura 64: instrumentos de corda fabricado pelos estudantes _____	100
Figura 65: Instrumentos de sopro confeccionados pelos estudantes _____	101
Figura 66: Instrumentos idiofônicos confeccionados pelos estudantes _____	102
Figura 67: Instrumentos confeccionados pelos estudantes _____	103

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Dados da intensidade sonora em função da distância do Cajon, grupo 2A _ 63

Tabela 2: Tabelas dos valores da intensidade sonora em função da distância do pandeiro, grupo 2A _____ 67

1. INTRODUÇÃO

A música está ligada à cultura e tradições desde os primórdios da humanidade, quase como uma linguagem universal, a qual, muitas vezes, não se conhece a língua que foi escrita, mas, pela melodia, conseguimos ouvir e despertar sentimentos e emoções. Esta manifestação se encontra nas festas religiosas, teatros, *shows* e também chama a atenção, desde há muito, dos filósofos, cientistas e matemáticos, fazendo parte não só do mundo das artes, mas, também, do contexto científico (GRILLO e PEREZ, 2016).

Segundo Grillo (2016), a música sempre teve destaque na ciência, mas a sofisticação matemática, aplicada a seus conceitos, teve um avanço significativo no século XV devido a uma mudança epistemológica, oriunda da experimentação e modelos matemáticos. A acústica não se originou com o estudo das ondas, mas, sim, com o estudo da música. A ciência das ondas sonoras teve seu avanço com a teoria ondulatória de Huygens (1629-1686), enquanto as melodias tiveram seu avanço com a matemática, (GRILLO, 2016).

As melodias podem ser descritas por conceitos matemáticos e físicos, os quais não são observados ao se apreciar uma música. Todavia, a beleza musical ocorre devido as variadas notas musicais, que são frequências sonoras divididas em intervalos acústicos, propagados por ondas sonoras. Estas ondas são emitidas e propagadas por instrumentos musicais que proporcionam diversos tons e intensidades. Os instrumentos musicais são construídos tendo por base uma engenharia matemática, por vezes simples, mas nunca simplória, com o propósito de agradar os ouvidos mais aguçados (COELHO e POLITO, 2016; GRILLO e PEREZ, 2016; AMORIM, 2012; HÜMMELGEN, 1996).

A música já foi considerada uma disciplina obrigatória nos currículos de ensino médio e, nos dias atuais, é ensinada como uma linguagem dentro da disciplina de arte, segundo a Lei de diretrizes e Base da Educação Nacional (LDB), na sua nova redação dada pela Lei nº 13.278 de 2016. Na física, a música é ministrada em acústica, porém de forma mais técnica, envolvendo as grandezas ondulatórias e equações físicas e matemáticas, sem a evidência de uma relação direta com a música, mas sim com o som (SANTOS, 2007).

Proporcionar uma relação entre a música e a Física, torna a aprendizagem mais atraente ao estudante, como aponta Zanetic (2006), que descreve a necessidade de trabalhar a interdisciplinaridade entre a Física e a Arte, através da literatura e sua contextualização com músicas que sejam significativas no processo ensino e aprendizagem. Esse entendimento, propicia ao estudante criticidade diante das disciplinas no contexto escolar e social (FREIRE, 2015; ZANETIC, 2006). Ou seja, a música pode ser um recurso pedagógico eficiente na aprendizagem, não só pelo momento lúdico e cognitivos que ela proporciona, mas uma ligação prazerosa que pode promover e aproximar o estudante ao tema abordado (BARROS et al, 2013; AMORIM, 2012; ZANETIC, 2006).

Apesar de a Física ser amplamente aplicada na sociedade atual, na escola, nem sempre essa disciplina é vista de forma prática e contextualizada. Considerada pela maioria dos estudantes como difícil, a Física é em muitos aspectos identificada à matemática, com suas fórmulas obscuras e resoluções de problemas (BORGES e RODRIGUES, 2006). Nesse contexto, promover momentos em que os estudantes possam simular, manipular e experimentar em um processo de ensino e aprendizagem tornam esse conhecimento significativo e agradável (BORGES e RODRIGUES, 2006).

Barros (2013), em um trabalho sobre o uso da música no ensino básico, mostrou a dificuldade que os professores têm em desenvolver esse tema em sala de aula. O aspecto mais notório dessa dificuldade foi a falta de tempo provocada por excesso de atributos dentro e fora da escola. Em contrapartida, os professores que diversificaram as aulas com a inserção da música relataram um melhor desempenho no processo ensino aprendizagem dos estudantes. Nessa direção, Pereira (2013), usando de confecção de artefatos musicais de baixo custo e um programa de computador, onde mostrava a frequência dos instrumentos, construiu um produto pedagógico que facilita o ensino da acústica.

O professor, através de uma interação dialógica, pode conduzir um estudante a condição de um ser ativo, autônomo e responsável por sua aprendizagem (FREIRE, 2015; BARRELO, 2015). A música pode possibilitar essa interação relacionando a sala de aula com a vida cotidiana do aluno. No caso das ciências, associadas ao cotidiano, espera-se então um estímulo a aprendizagem, desenvolvendo a capacidade de investigação através de situações que envolvam aspectos musicais.

O objetivo deste trabalho é usar a música para contextualizar o ensino da física e arte, usando para isso, a confecção de instrumentos musicais e suas aplicações, onde os estudantes vão discutir e aplicar os conceitos acústicos, musicais e artísticos. Assim, através de uma situação problematizadora, dialógica e interdisciplinar, os alunos terão uma oportunidade de investigar, manipular, criar, discutir, refletir e avaliar, se tornando sujeito ativo da práxis educativa (FREIRE, 2015; BARRELO, 2015).

Trabalhos educacionais na área de acústica e confecção de instrumento musicais (PEREIRA, 2013; COELHO, 2013) têm se tornado rotineiro, usando a confecção de instrumentos e coleta de dados de forma estanque; ou seja, apenas para análise momentânea. Na nossa proposta, diferentemente, os estudantes confeccionam instrumentos musicais de naipes distintos e funcionais e utilizaram-nos em uma banda musical.

Apesar da proposta ser desenvolvida de forma qualitativa, inicialmente, conceitos físicos e matemáticos foram abordados. Os instrumentos, além de ter a funcionalidade demonstrada, foram analisados, através de gráficos e tabelas e as grandezas físicas relacionadas ao som, obtidos dos instrumentos confeccionados. Este fato, em particular, vai ao encontro dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's, 2009), propõe que ler e interpretar gráficos deve ser uma das habilidades no ensino da física. A coleta e análise dos dados foram obtidos por aplicativos de smartphones, estes pesquisados e obtidos pelos estudantes.

Em um mundo tão moderno e tecnológico não há como o professor continuar com aulas tradicionais e sem significado para o estudante. Segundo Walvy (2005), o professor precisa se especializar e trabalhar de forma interdisciplinar e tecnológica, além de usar a tecnologia a seu favor, propondo situações problemas que motivem o estudo e a pesquisa, pois os alunos estão cada vez mais conectados e a escola parando no tempo (MELO, 2010). Com um olhar especial para os smartphones, que contam com uma variada tecnologia de sensores, é possível analisar e coletar dados físicos, gerando gráficos e tabelas. Isso facilita e impulsiona a aprendizagem em sala de aula e fora dela (SOUSA, 2017; FRANCO; MARRANGHELLO e ROCHA, 2016; VIEIRA e AGUIAR, 2016, 2015; MELO, 2010.).

Estudos mostram a contribuição na aprendizagem do ensino da física através do uso da tecnologia (SOUSA, 2017; FRANCO; MARRANGHELLO e ROCHA, 2016; VIEIRA e AGUIAR, 2016, 2015; MELO, 2010.), não que esta seja um fim, mas um meio de proporcionar aos estudantes elementos de construir novos conhecimentos. Essa situação foi observada na proposta da banda sustentável, na qual os alunos, tiveram que pesquisar e usar aplicativos de *smartphones*, frequencímetro e decibelímetro, para coletar dados. Sem esses aplicativos não teríamos condições de dar continuidade à proposta, devido à dificuldade de apoio financeiro. Assim esses aplicativos foram um facilitador.

Em síntese, considerando a perspectiva freiriana, construímos uma sequência didática, a partir da qual o estudante se sinta motivado em pesquisar e aplicar os conceitos científicos que não são adquiridos em uma aula tradicional. Nessa situação, o professor opera, fundamentalmente, como um orientador. Além disso, o contexto sócio-cultural-ambiental do projeto se inicia na escolha dos materiais, sendo estes de natureza sustentável, e continua na resolução de problemas interpessoais, pois a proposta é trabalhada em grupo, exigindo a participação de todos os envolvidos.

Uma etapa posterior do trabalho, isto é, após a construção da sequência didática, foi identificar a eficácia da aplicação deste método considerando as seguintes questões: (i) qual o envolvimento do aluno no processo em geral (ou seja, participação nos encontros, na fabricação dos instrumentos, nas pesquisas, nas análises e coleta de dados, nas discussões de grupo, na participação das aulas e etc)?; (ii) se a metodologia motiva o aluno a estudar os conceitos da física; especificamente a acústica. Para proceder com as respostas a estas questões, os métodos qualitativos, especificamente os de análise de conteúdo (BARDIN, 2016), mostraram-se particularmente eficazes. Assim, promovemos a análise de respostas fechadas através de um teste de questões objetivas, bem como a análise de conteúdo a questões de respostas abertas.

Essa dissertação está dividida da seguinte forma. No capítulo 2, é apresentado o referencial teórico e elementos metodológicos do trabalho. No capítulo 3, a revisão bibliográfica é descrita. No capítulo 4, apresentamos a metodologia juntamente com uma primeira parte do Produto, objeto desta dissertação, que é a sequência didática. No capítulo 5, fazemos a análise da aplicabilidade do método, bem como apresentamos a parte do Produto sobre a construção e a utilização dos instrumentos. No capítulo 6, as

observações e conclusões finais estão apresentadas. No Apêndice, na forma de encarte, está o produto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Optamos por um referencial teórico que abordasse uma didática dialógica, tendo o aluno como ser ativo do processo de ensino e aprendizagem, reconhecendo seu conteúdo prévio, advindo do social, dentro de uma proposta que promovesse uma conscientização dos novos conhecimentos. Nesta perspectiva, optamos pela pedagogia crítica social do Paulo Freire, descrita na seção 2.1. Na seção 2.2, descreveremos uma sequência didática proposta por Carvalho (2014 e 2015).

2.1 Pedagogia freiriana

A pedagogia de Paulo Freire é centrada no diálogo, tendo o aprendiz como foco e não um mero espectador. Em sua pedagogia os alunos que sabem menos não podem ser considerados problemas, mas, sim, reconhecer sua posição atual e se despertar para o conhecimento. A educação deve ser praticada com o aluno e não para o aluno e, esta, tem que gerar reflexão, tanto para o aluno quanto para o professor. Fora de um contexto dialógico a educação passa a ser opressora; segundo Freire (2015), essa opressão é superada em dois momentos diferentes:

A pedagogia do oprimido, como pedagogia humanista e libertadora, terá dois momentos distintos. O primeiro, em que os oprimidos vão desvelando o mundo da opressão e vão comprometendo-se, na práxis, com a sua transformação; o segundo, em que, transformada a realidade opressora, esta pedagogia deixa de ser do oprimido e passa a ser a pedagogia dos homens em processo de permanente libertação (FREIRE, 2015, p. 57).

Na educação tradicional o professor é o autor principal e o aluno um mero espectador, um ensino vertical e sem diálogo, considerada por Paulo Freire uma Educação bancária onde o professor transmite todo o conhecimento e o aluno um mero receptor, tendo por função a de anotar tudo sem questionar nada. Este tipo de educação não proporciona uma reflexão pelo aluno diante do conteúdo. O projeto Banda sustentável, por outro lado, é uma proposta dialógica entre os alunos e comunidade escolar, possibilitando ao aprendiz um momento de diálogo e, através deste, tomar decisões em grupo e/ou mediando situações de conflitos, de forma crítica e responsável.

Na visão de Freire (2015), a educação tem que ter uma relação dialética entre o opressor e o oprimido, e assim gerar um ensino libertador. O professor deve rever sua posição diante de uma educação opressora, se reconhecer como opressor e libertar-se de

tal ação, não com fingimentos, mas sim, com afeto, empenho e dedicação, proporcionando a verdadeira educação libertadora (FREIRE, 2015).

O conteúdo didático, a ser ministrado, deve ser vinculado à realidade do aluno, ou seja, é uma educação que perpassa os muros da escola, deve estar ligado ao seu cotidiano à sua realidade social, e esse contexto só ocorre através do diálogo, em uma educação problematizadora e temática; tema, este, que deve ser vinculado ao cotidiano do aluno (FREIRE, 2015).

Ao iniciar essa proposta, questionamos a turma sobre o que eles sabiam de acústica, e observamos uma intensa curiosidade e afinidade com o tema música. Havia muitos estudantes com conhecimento na área musical, como instrumentos musicais, melodias e bandas, estas já formadas por alunos. Essas informações foram obtidas através do diálogo entre os alunos e o professor. Diálogo esse que envolveu assuntos sobre afinação de instrumentos musicais, tom musical, notas musicais, harmonia entre outros.

O que mais nos chamou a atenção foi a grande quantidade de alunos que já participavam de bandas musicais e esses foram os que mais introduziram conhecimentos novos nessa temática. Essa comunicação ocorreu antes da introdução ao conteúdo, foi rápida, porém muito rica em detalhes. A escola em que realizamos essa proposta é tradicional e privada, o conteúdo é rígido e inflexível, e assim optamos em desenvolver o tema em forma de projeto no contraturno.

A educação deve proporcionar um diálogo crítico e libertador, essa mesma, deve ser horizontal e não vertical, pois é na reflexão que conduz a prática, e, esta ação, se fará práxis, se dela tiver como objetivo a conscientização daqueles que são oprimidos tendo na educação uma prática libertadora (FREIRE, 2015).

Não há outro caminho senão a prática de uma pedagogia humanizadora, em que a liderança revolucionária, em lugar de se sobrepor aos oprimidos e continuar mantendo-os como quase “coisa”, com eles estabelece uma relação dialógica permanente (FREIRE, 2015, p. 77).

A educação freiriana, como pedagogia humanizadora, deve proporcionar um diálogo permanente entre educando e educador e, este, deve liderar de forma a concretizar essa prática tornando o educando sujeito desta pedagogia.

A educação que se impõe aos que verdadeiramente se comprometem com a libertação não pode fundar-se numa compreensão dos homens como seres vazios a quem o mundo “encha” de conteúdo; não pode basear-se numa consciência especializada, mecanicistamente compartimentada, mas nos homens como “corpos concientes”. (FREIRE, 2015, p. 94)

A educação bancária, considerada uma das formas de opressão, tem o aprendiz como um frasco vazio o qual vai sendo preenchido de conteúdo, muitas vezes sem significados, desconectados de sua realidade e sem nenhuma contextualização, a famosa “decoreba”, ou somente estudar para fazer prova. Nesta ideologia, o bom professor é aquele que transmite muito conteúdo, está no topo do conhecimento, inalcançável, absoluto, ele escolhe os conteúdos e a forma de aplica-los, é a autoridade do saber e assim se torna o sujeito do processo. Por outro lado, o bom aluno é aquele que recebe todo esse conteúdo, memorizando e repetindo, ou seja, são meros “receptáculos”, tendo que se adaptar a essa opressão sem questionar (FREIRE, 2015).

Quanto mais se problematizam os educandos, como seres no mundo e com o mundo, tanto mais se sentirão desafiados. Tão mais desafiados, quanto mais obrigados a responder o desafio. Desafiados compreendem o desafio na própria ação de captá-lo. Mas, precisamente porque captam o desafio com um problema em suas conexões com outros, num plano de totalidade e não como algo petrificado, a compreensão resultante tende a torna-se crescentemente crítica, por isto, cada vez mais desalienada. (FREIRE, 2015, p. 98).

A verdadeira educação deve promover a libertação do homem, tirando-o da passividade e tornando-o um ser crítico, consciente e reflexivo em seus atos. Diferente da educação bancária a educação problematizadora promove essa libertação, colocando o educador e o educando em um mesmo patamar, ou seja, o professor precisa sair de seu pedestal, dialogar com o estudante, pois para Paulo Freire a educação começa no diálogo, e este deve ser constante (FREIRE, 2015). A educação problematizadora promove uma aprendizagem horizontal, ou seja, ambos envolvidos se tornam sujeitos do processo, diferente da educação vertical, hoje considera a educação tradicional (FREIRE, 2015).

O projeto Banda Sustentável tem como problemática a confecção dos instrumentos musicais aplicando, através da temática musical, os conhecimentos sobre acústica. Os alunos são ensinados a sair da passividade tendo que pesquisar, estudar e, assim, obter novos conhecimentos para aplicá-los no projeto. Vale ressaltar a importância do envolvimento da família, interagindo, ajudando, participando na construção dos

instrumentos musicais com os filhos, pois esta, também, é responsável pelo processo educativo de seus filhos.

Outra parte fundamental do processo pedagógico é o conteúdo programático, onde este deve ser planejado e orientado tendo o foco principal o aluno e sua realidade, portanto, uma boa prática pedagógica deve ser iniciada com uma investigação dialógica, conhecendo o contexto social dos alunos, seus conhecimentos prévios e assim gerar temas que proporcionem o ensino e aprendizagem (FREIRE, 2015). Foi desta forma que chegamos a proposta Banda sustentável.

A proposta banda musical tem a intenção de promover uma educação coletiva, onde cada um pensa no todo e no próximo, sem imposições que oprimem o saber, promovendo trocas de conhecimento entre os alunos e alunos e professores, não existindo uma relação de autoritarismo por parte dos professores e, assim, propiciando um ensino instigante voltado a realidade dos estudantes (FREIRE, 2015)

2.2 Sequência didática de aprendizagem

A proposta de uma sequência didática deve ser arquitetada na aprendizagem do aluno. Segundo Barrelos (2015), uma sequência didática, bem elaborada, impulsiona o conhecimento e promove elementos essenciais na educação, a saber: autonomia, reflexão crítica, argumentação, diálogo e o ensino interdisciplinar. Além disso, ela possibilita o aprofundamento do conhecimento do professor e gera a interação social entre os alunos, principalmente através de discussões em grupos.

Uma sequência didática de aprendizagem é formada por um conjunto de aulas que sejam estimulantes e provocativa para os estudantes. Nessa premissa Bellucco e Carvalho (2014) sugerem o uso de uma problemática, podendo, esta, ser experimental ou em forma de problemas abertos, onde o aluno possa investigar e/ou manipular, de forma ativa, e assim gerar hipóteses, inicialmente respondidas com conhecimento prévio e posteriormente usando argumentação científica.

O papel do professor é de suma importância para o sucesso da sequência didática de aprendizagem: este deve propor o problema dentro de uma temática social, relacionada

ao cotidiano dos estudantes. Em grupo, os alunos devem ser estimulados e orientados a achar a solução. Essa solução deve ser discutida e retornar usando conceitos científicos. Ao final o professor deve retomar as ideias principais propondo novos conceitos que levem a reflexão dos alunos (BELLUCCO e CARVALHO, 2014).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como parte teórica, fizemos uma ampla pesquisa bibliográfica envolvendo as áreas de ensino da física. Escolhemos, na sua maioria, os artigos, livros e dissertações mais recente, entre 2006 a 2018. Os periódicos pesquisados foram a Revista Brasileira de Ensino de Física, o Caderno Brasileiro de Ensino de Física e a revista Física na Escola. Usamos, como critério para os artigos selecionados, a aplicação direta do tema música na física, instrumentos musicais no ensino da física, uso da tecnologia no ensino da física, confecção de instrumentos musicais no ensino da física, física e arte e ensino qualitativo.

Neste capítulo, na seção 3.1, caracterizamos alguns trabalhos que corroboraram a nossa proposta, seja na construção dos instrumentos musicais como motivação para o ensino de física ou mesmo usando instrumentos musicais para coleta e análise de dados. Na seção 3.2, descrevemos uma pesquisa qualitativa a qual usamos como base para analisar os dados obtidos dos alunos.

3.1 Ensino da acústica usando instrumentos musicais

Diversos trabalhos recorrem a construção de instrumentos musicais de baixo custo para o ensino da acústica ou com e inserção da música com facilitadora (COELHO e PÓLITO, 2016; GUEDES, 2015; CATELLI e MUSSATTO, 2014; PEREIRA, 2013; AMORIM et al, 2012; BORGES e RODRIGUES, 2006; HÜMMELGEN, 1996), mas poucos trabalham a interdisciplinaridade física, arte e música de forma qualitativa. Tendo o aluno como foco e ativo no ensino de física (BARRELO, 2015; BELLUCCO e CARVALHO, 2014; GOTO, 2009), propomos a construção e o uso de instrumentos musicais funcionais, produzidos com materiais sustentáveis, esses sendo aplicado em uma banda musical. A seguir discutiremos a relação de alguns trabalhos feitos com esse enfoque os quais usamos como referência para escrever essa dissertação.

Dentre os estudos pesquisadas destacamos o trabalho do Pereira (2013), que propôs uma experiência educacional no ensino de acústica, onde os alunos tiveram que construir artefatos musicais para aprender conceitos de acústica. Com esses artefatos e usando um programa de computador específico, coletou e analisou as frequências emitidas pelos instrumentos, mostrando o formato da onda sonora gerada. Em suas

análises demonstrou-se satisfeito, pois os alunos adquiriram os principais conceitos abordados.

Na mesma pesquisa, Pereira (2013) usou um programa de computador e um Datashow para demonstrar as grandezas físicas coletadas dos instrumentos musicais. Os alunos não puderam manusear o programa, pois, em sua escola, ele não tinha uma sala de informática. Ele descreve, na sua pesquisa, que teve problemas com greve de professores em seu estado a qual prejudicou o andamento do projeto. Para se comunicar com os alunos, na greve, ele usou um aplicativo de mensagem para *smartphone*.

Em nossa proposta, os estudantes pesquisaram aplicativos de *smartphones* para coletar e analisar as grandezas físicas relacionadas aos instrumentos confeccionados por eles. Orientados pelo professor, baixaram frequencímetros e decibelímetros em forma de aplicativos, e foram autônomos, pois tiveram que pesquisar e estudar os programas escolhidos.

Pereira (2013), ainda relata, em sua pesquisa, que os estudantes tiveram dificuldade em gerar o som proposto, pelos artefatos musicais. Na nossa proposta, uma das problemáticas dos estudantes era produzir quatro instrumentos musicais funcionais, e demonstrá-los através de uma banda musical. Como mostramos nas discussões do capítulo 5, os instrumentos musicais tiveram uma boa qualidade na função proposta por cada um. Tiveram instrumentos que quebraram por não suportar as tensões das cordas, alguns instrumentos desafinados, mais por falta de conhecimento técnico do que de construção. Instrumentos simples e outros, bem complexos, como relatado no capítulo 5.

Segundo Borges e Rodrigues (2006), os estudantes têm dificuldade em mostrar a produção de som em termos científicos, como vibração do material, tipo de caixa de ressonância, altura e intensidade sonora. Os alunos explicam a sonoridade de forma mais cotidiana, envolvendo a ação humana, como batidas em um objeto, por exemplo. Os mesmos, sugerem uma opção para superar essa dificuldade de aprendizagem propondo aos professores planejarem aulas que proporcionem situações práticas de uso direto de materiais que produzam som.

A proposta Banda Musical Sustentável oportuniza o estudante um contato direto com os instrumentos musicais, onde, para resolver o problema proposto deverão explorar

conceitos dos instrumentos musicais para em seguida fabricá-los. Confeccionar um instrumento musical e afiná-lo, exige muita complexidade, porém com um bom trabalho de pesquisa e utilizando de conhecimentos prévios, pois em nossos diálogos vários estudantes demonstraram ter conhecimento na área musical, os alunos conseguiram construir os instrumentos, como expomos no capítulo 5.

Apresentamos uma ideia desafiadora para os estudantes e eles se mostraram motivados na construção dos instrumentos, mostrando habilidades que não seriam vistas em uma aula tradicional (BARRELOS, 2015; FREIRE, 2015; BELLUCCO e CARVALHO, 2014; BORGES e RODRIGUES, 2006). É importante ressaltar que nossa proposta foi realizada em grupo, recomendamos, assim, que na divisão deste pelo menos um dos alunos escolhido, para montar o grupo, tenha conhecimento musical, mesmo com o auxílio da professora de arte para esse tipo de orientação.

Amorim et al, 2012, propõem um projeto interdisciplinar envolvendo a música e a física, através da construção de um instrumento musical, o qual eles intitularam de tubofone. Nesta, onde os professores se posicionaram apenas como orientadores, ele relata a satisfação dos alunos na solução do problema. Uma boa proposta educacional deve ter uma problemática desafiadora para os alunos, os quais, em busca da solução precisam, de forma ativa, serem autônomos e reflexivos (BARRELOS, 2015; FREIRE, 2015; BELLUCCO e CARVALHO, 2014).

A física proporciona uma facilidade conceitual na confecção de alguns instrumentos musicais, como os de corda e tubo. Esse conteúdo é visto nos livros didáticos de física (SANTOS, 2007), na parte de acústica. Podemos calcular os diâmetros, comprimentos de tubos e cordas além da tensão em cordas e sua afinação usando grandezas físicas e geométricas dos materiais (CATELLI e MUSSATTO, 2014; AMORIM et al, 2012), porém, essa aplicação não é vista na maioria das escolas.

Muitos professores ainda trabalham a física de forma tradicional, ou seja, quadro e giz, visando aprovação em vestibulares e provas externas, não tendo mais o caráter experimental, assim deixando a física mais distante da vida do aluno. Ensinar acústica usando a temática musical deixa a física mais interessante e atraente para os estudantes. Propostas em que os estudantes são ativos, despertam mais o interesse, pois

demonstram a física de forma aplicada em um contexto. (BARROS, ZANELLA e ARAÚJO, 2013; AMORIM et al, 2012; GOTO, 2009).

Segundo Santos (2007), na maioria das escolas, os conceitos científicos são desenvolvidos sem nenhuma aplicação no cotidiano, sem uma contextualização que leve os alunos a uma reflexão crítica sobre o tema proposto. Devido à grande quantidade de conteúdo e uma preocupação com resultados externos as escolas vêm condicionando os alunos a resolver problemas com fim somente em vestibulares. O saber científico, a contextualização e sua aplicação vem sendo negligenciada em favor de resultados que promova a instituição e não conhecimento e aprendizagem dos alunos. A educação deve promover a liberdade do aluno, sendo dialógica, temática e problematizadora e, assim, levar o estudante de mero receptor de conteúdo a um pensador de forma crítica e consciente (FREIRE, 2015; SANTOS, 2007)

O estudo da música, através de sua interdisciplinaridade física e arte, traz uma riqueza de conteúdo e conceitos que não são vistos nos livros didáticos. E quando esse tema é abordado, em livros didáticos de física, os são de forma negligenciada e superficial (SANTOS, 2007). Um ensino contextualizado promove saberes que levam a reflexão crítica, esse deve promover uma autonomia do aluno para, assim, tomar decisões acertadas diante de problemas relacionado a esse contexto (BARRELOS, 2015; FREIRE, 2015; BELLUCCO e CARVALHO, 2014; MONTEIRO e CARVALHO, 2011).

3.2 Pesquisa Qualitativa

Optamos por uma pesquisa qualitativa devido ao contexto abordado e sua aplicação, propondo uma atividade que motivasse os estudantes a aprender conceitos de física. Não temos a pretensão de mostrar números, mas sim indicadores que mostre que tivemos sucesso na aquisição de conceitos físicos.

Segundo Demo (2014), construção de conhecimento deve levar o estudante a um senso crítico diante de uma sociedade não só fazendo parte, mas intervindo com sabedoria. Esta não se obtém com acúmulo e retransmissão de conteúdo, como avalia os fatores quantitativos, mas com construção do saber, onde, este pode ser mensurado qualitativamente. Uma avaliação qualitativa pode envolver fatores que vão além do saber científico, pois envolve política, sustentabilidade e ética.

A reprodução de conteúdo torna a educação conservadora, assim nosso objetivo é que os alunos saíssem da “sala de aula” e aplicassem os conceitos de física e arte, ligado a um tema social, dentro de uma análise reflexiva e autônoma. Essa ideia nos conduziu aos conceitos pedagógicos de Paulo Freire, dando ênfase ao estudante e aproximando os conceitos da escola com sua vida cotidiana, através de uma formação libertadora e sem opressão capacitando-o a exercer sua cidadania (FREIRE, 2015).

Um outro fator que nos levou a uma análise qualitativa desta proposta é a forma com que a escola, onde aplicamos a proposta, mensura as avaliações dos estudantes. Apesar das avaliações serem quantitativas, elas contêm um aspecto qualitativos no quesito mensuração. Não utiliza valores numéricos, mas, sim, menções que são divididas em cinco classe: “SR”, sem rendimento; “I”, insuficiente; “P”, em processo; “S”, satisfatório; “O”, Ótimo; “E”, excelente. São avaliados indicadores e não conteúdo, esses indicadores estão relacionados com as habilidades que os alunos adquirem na vida escolar (habilidades e competências). E um dos indicadores usados nessa proposta para avaliar os alunos foi: aplicar, no contexto social, os conceitos de qualidade fisiológicas do som (altura sonora, intensidade sonora e timbre). Nos apegamos a esse indicador para aplicar nossa proposta.

Esse indicador foi um guia em nossos passos, relacionados ao ensino da acústica. Observamos essa aprendizagem dentro de uma abordagem qualitativa, como descreve Oliveira (2014):

Entre os mais diversos significados, conceituamos abordagem qualitativa ou pesquisa qualitativa com sendo um processo de reflexão e análise da realidade através da utilização de métodos e técnicas para compreensão detalhada do objeto de estudo em seu contexto histórico e/ou sua estruturação. (OLIVEIRA, 2014)

Avaliamos de forma qualitativa um processo de análise crítica e consciente sobre os conceitos físicos aplicados. Utilizamos para isso questões abertas e fechadas, através de um teste objetivo, este contendo uma questão aberta, e uma redação. Na apresentação do seminário dos estudantes pudemos avaliar a outra parte da proposta, os dados coletados demonstrados através de gráficos e tabelas.

[...] fazer pesquisa não é acumular dados e quantifica-los, mas analisar causa e efeito, contextualizando-os no tempo e no espaço, dentro de uma concepção sistêmica (OLIVEIRA, 2014).

Dentro desta proposta não tivemos o intuito de acumular e quantificar dados, mas avaliá-los no decorrer do processo, observando o interesse, motivação e sua postura crítica diante do tema abordado. Esses dados são demonstrados na seção 5 desta dissertação, onde mostramos que os alunos tiveram que pesquisar, interagir no social, analisar, criticar, construir e avaliar.

Utilizamos um questionário objetivo com intuito de avaliar a turma no processo de aprendizagem, pois segundo Oliveira (2014):

[...] os dados estatísticos só devem ser utilizados quando visam dar maior precisão aos dados coletados que são analisados com base na realidade, nos objetivos, hipóteses e nos fundamentos teóricos preestabelecidos na construção do projeto de pesquisa. A opção por uma abordagem qualitativa deve ter como principal fundamento a crença de que existe uma relação dinâmica entre o mundo real, objetivo, concreto e o sujeito (OLIVEIRA, 2014).

O tema abordado está ligado tanto ao contexto social do estudante quanto ao conteúdo ministrado nas duas disciplinas inseridas no projeto, a música consegue fazer a ligação contextual de forma dinâmica e direta.

4. METODOLOGIA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA APLICADA

Neste capítulo, apresentamos os elementos principais da metodologia utilizada na elaboração da primeira parte do Produto que é a sequência didática. (A outra parte do Produto, que é a confecção dos instrumentos musicais, será discutida no capítulo 5, juntamente com a análise e discussão dos resultados obtidos.) A apresentação deste capítulo está dividida da seguinte forma. Na seção 4.1, apresentamos a metodologia da pesquisa; na seção 4.2 relatamos o ambiente escolar onde foi realizado a pesquisa e na seção 4.3 descrevemos a sequência didática que faz parte do produto que se encontra no apêndice A.

4.1 Metodologia da pesquisa

Optamos por uma pesquisa qualitativa que envolvesse junto a teoria Freiriana. Não nos apegamos ao conteúdo propriamente dito, pois este estava sendo ministrado pela parte da manhã, mas, sim, sua aplicação, sendo um projeto aplicado no contra turno com a intensão de que os alunos aplicassem a teoria que era estudada no turno da aula regular.

Usamos, como parte desta dissertação, um produto educacional que é constituído de uma sequência didática, onde os estudantes construíram instrumentos musicais funcionais e, através destes, com auxílios de aplicativos de *smartphones*, tiveram que coletar dados físicos e, assim, demonstra-los em gráficos e tabelas. Os aplicativos, usados para coleta de dados, foram pesquisados e baixados pelos estudantes. Para avaliar a eficácia da proposta, além do seminário e apresentação da banda musical, utilizamos um teste objetivo, uma questão aberta descritiva e uma redação.

Elaboramos um teste, pós projeto, que abordasse os conceitos das qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade sonora e timbre) para avaliar o rendimento das turmas envolvidas. Usamos como parâmetros de nota a média da escola. Por ser uma análise qualitativa não fizemos um pré-teste para comparar, mas descrevemos, em forma de gráficos e amostragem percentual a quantidade de acertos dos alunos.

Ao final do teste objetivo colocamos uma questão aberta onde os alunos deveriam relatar sua atuação no projeto banda sustentável e o que foi o projeto banda sustentável para ele. Na mesma, solicitamos para que eles descrevessem essa vivência com ênfase

nos conceitos físicos assimilados por eles. Utilizamos uma redação, com o tema poluição sonora, para observar como eles descrevem os conceitos aprendidos através desta proposta. Avaliamos trechos da redação e das questões abertas afim de demonstrar tanto a motivação na proposta quanto conceitos físicos.

4.2 Ambiente escolar e comunidade escolar.

A proposta foi aplicada em uma escola privada de Águas Claras, entre os meses de outubro e novembro. A escola faz parte de uma grande rede de escola confessionais. Apesar da metodologia da escola ser tradicional, visando notas e aprovações em vestibulares, a direção da escola nos permitiu desenvolver essa proposta de forma qualitativa, pois alegamos que um dos temas da escola era a formação completa dos estudantes e mostramos que a proposta faz ênfase a um estudante crítico e reflexivo diante da sociedade em que vive.

A comunidade escolar é de classe média alta, onde temos muitos estudantes consumistas, por isso optamos em trabalhar com materiais renováveis levando-os a uma reflexão crítica da sustentabilidade diante de problemas ambientais, sociais e financeiro; promovendo assim um desenvolvimento sustentável e ambiental

A escola conta com amplos laboratórios de ciências, separados em física, química e biologia. Uma grande biblioteca com internet e computadores para o uso dos estudantes. Mesmo assim, optamos em usar aplicativos de smartphones, dando mais liberdade ao aluno para suas pesquisas e análises.

4.3 Sequencia didática

A sequência didática foi dividida em seis encontros/aulas, nossos encontros eram no contraturno, assim usávamos 4 horas aulas para trabalhar com os alunos, eram quatro turmas com 1 (uma) hora aula para cada uma, em média. Esses encontros eram realizados nas quintas feiras a tarde. Os grupos, previamente divididos, eram de 6 a 8 alunos. O professor nessa proposta passar a ser um orientador interferindo o mínimo possível a não ser em momentos estratégicos.

Os encontros ficaram assim divididos:

- 1º encontro: Objetivos e Métodos: Apresentação da proposta ao estudantes e orientação do projeto através de conceitos de arte e física.
- 2º encontro: Materiais e Procedimentos: Orientação e avaliação das ideias dos alunos.
- 3º encontro: Qualidades Fisiológica do Som: Aula expositiva com tabelas, gráficos e aplicativos. Orientação e avaliação da confecção dos instrumentos.
- 4º encontro: Instrumentos Musicais: Orientação e avaliação da confecção dos instrumentos.
- 5º encontro: Apresentação – 1ª Parte: Orientação e avaliação da confecção dos instrumentos.
- 6º encontro: Apresentação – 2ª Parte: Apresentação do seminário e da banda musical.

A seguir faremos uma descrição de cada encontro.

PRIMEIRO ENCONTRO: OBJETIVOS E MÉTODOS

O primeiro encontro foi a apresentação da proposta e usamos o auditório para comportar mais turmas. Nesse encontro dividimos a apresentação em 9 tópicos e também falamos de alguns conceitos usados na física e arte sobre música. Na apresentação utilizamos um *data show* e uma apresentação em *slides* para apresentar os tópicos aos alunos.

A seguir a descrição de cada tópico:

TÓPICO 1. Pesquisar e escolher os instrumentos a serem produzidos, pelos menos 1 (um) de cada nipe (cordofones, aerofones, ideofones e membranofones).

Neste tópico explicamos a definição de nipes e a quantidade de instrumento que cada grupo teria que confeccionar. Usamos como motivação e exemplo a Orquestra Landfill Harmonic, uma orquestra do Paraguai, onde os jovens músicos tocam instrumentos criados a partir de lixo (<http://www.landfillharmonicmovie.com/>). Também mostramos imagens de instrumentos musicais confeccionados nos anos anteriores para reflexão e análise dos estudantes.

TÓPICO 2. Pesquisar os materiais para a produção de cada instrumento.

Explicamos para os alunos os tipos de materiais que eles deveriam utilizar, que são os renováveis ou reciclados, porém deixamos aberto o uso de materiais industriais de cunho técnico, pois tem instrumento que exigem materiais com especificidades técnicas que não são fáceis de encontrar, assim esses eles poderiam comprar.

TÓPICO 3. Pesquisar sobre a origem de cada instrumento.

Sugerir ao estudante pesquisar e apresentar sobre a história de cada instrumento musical por eles confeccionados, onde e como surgiu esses instrumentos, curiosidade, processos de produção e etc.

TÓPICO 4. Demonstrar a produção dos instrumentos.

Essa é uma parte importante, pois sugerimos que os estudantes sejam avaliados em todos os encontros, portanto, precisa ficar claro que eles precisam mostrar todo o processo de produção dos instrumentos.

Os estudantes poderão confeccionar os instrumentos nos encontros, mas a maioria produz em casa. Assim, recomendamos, que a avaliação seja feita com relatos, vídeos e fotos, pois é no processo de confecção e produção do projeto que o professor vai orientá-los. Nessa orientação o professor pode sugerir mudanças e/ou mecanismos para eles poderem afinar o instrumento entre outros problemas que possam surgir.

TÓPICO 5. Descrever os processos físicos, matemáticos, artísticos e históricos de cada instrumentos.

Nessa etapa os estudantes mostram os processos científicos por eles utilizados. Assim, sugerimos, que eles demonstrem as frequências dos instrumentos, tipo de ondas formadas, análise da intensidade sonora, tipo de caixa de ressonância para amplificação de cada instrumento entre outros que se faça necessário e a depender do instrumento confeccionado.

Para demonstrar os fenômenos fisiológicos do som os alunos poderão usar aplicativos de smartphones e/ou computadores, tais como decibelímetros e frequencímetros. Esses dados podem ser coletados usando aplicativos e/ou programas específicos. Os estudantes deverão pesquisar esses aplicativos e/ou programas. O professor pode orientar como pesquisar, mas não pesquisar para o aluno. Na loja de

aplicativo dos *Smartphones*, usando palavras chaves com frequência, intensidade sonora, decibélimetros e outras, os estudantes encontram diversos aplicativos.

TÓPICO 6. Analisar os dados físicos e matemáticos.

Usando os mesmos aplicativos e/ou programas do tópico anterior os alunos vão coletar dados físicos e matemáticos e apresenta-los em gráficos e tabelas. Esse tópico é ministrado no 3º encontro, onde o professor vai sugerir formas de coletas de dados e processos de análises, além de sugerir programas de gráficos. Porém deve ser ressaltado que os estudantes devem pesquisar formas de fazer gráficos e tabelas, pois o professor deve orientá-los, fazendo sugestões e apontamentos.

TÓPICO 7. Compor uma música (ou utilizar uma música do seu cotidiano) e apresentá-la utilizando os instrumentos musicais através da banda musical, formada por cada grupo.

O tópico 7 faz parte da apresentação final, onde os estudantes devem compor uma música, de tema livre, desde que não ofenda ninguém, e esta deve ser apresentada com todos os estudantes do grupo e devem usar, para a harmonia, os instrumentos musicais confeccionados.

Nesta apresentação, autorizamos o uso de instrumentos musicais próprios para alunos que já fazem uso desses instrumentos, pois ajuda na harmonia da apresentação. Porém, os instrumentos próprios, não podem se sobrepor em relação aos instrumentos confeccionados

TÓPICO 8. No sexto encontro, o grupo deverá preparar uma apresentação, em slides, com o produto final, onde esses serão apresentados e demonstrados para os professores.

Esse é o momento do seminário onde será avaliado a objetividade, criatividade, processo de produção e domínio do conteúdo, tabelas, gráficos e etc.

TÓPICO 9. Apresentação na noite do destaque

A noite do destaque é um grande evento da escola, onde, na presença da comunidade escolar, homenageamos professores e alunos. De forma lúdica, a escola apresenta todos os projetos desenvolvidos no decorrer do ano letivo. Essa apresentação ocorre no modelo de programa de auditório com uma apresentadora, normalmente, a

supervisora escolar, e uma banda musical. Essas bandas musicais são formadas de alunos da escolas e/ou ex alunos que já tem banda. Nesse momento, também colocamos algumas bandas musicais do projeto Banda Musical Sustentável para a apresentação. Escolhemos as bandas que se destacaram em harmonia e afinação.

SEGUNDO ENCONTRO: MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

No primeiro encontro discutimos a proposta, objetivos do projeto, conceitos físicos e tipos de instrumentos musicais. Nesse segundo encontro é proposto o debate com os alunos sobre os materiais e procedimentos para a produção de cada instrumento. Nesse momento questionamos o uso e importância dos materiais recicláveis. Havendo necessidade os estudantes são autorizados a comprar componentes técnicos e específicos, podendo utilizar peças de instrumentos musicais danificados ou em desuso.

Dialogamos com os estudantes a importância da reciclagem e do reaproveitamento, assim questioná-los se eles sabem a diferença entre lixo orgânico e seco, incentivar um debate entre eles, e, após um tempo determinado, pedir para eles relatarem a discussão na turma.

Explicamos que os instrumentos devem ser confeccionados no laboratório, para que o professor possa avaliar a participação dos estudantes. Não sendo viável, a produção dos instrumentos na escola, eles podem confeccionar em casa, neste caso o grupo de estudante deverá comprovar com relatos, fotos e/ou vídeos a produção e participação deles no projeto.

Nesse momento, os grupos já estão formados e deverão trazer a pesquisa da música, dos materiais que poderão ser utilizados, dos instrumentos e dos procedimentos de confecção. Pode haver grupo que não terá feito nada, nesse instante o professor mostra a importância da pesquisa e a interação com os outros grupos, tentando direcioná-los.

Este encontro será realizado com cada grupo individualmente. Então é importante se atentar ao tempo, programando um intervalo de tempo específicos para cada grupo. Apesar da importância do diálogo, este deve ser bem planejado com foco no conteúdo, a fim de que grupos não sejam prejudicados.

Os dados, colhidos pelo professor, farão parte do 3º encontro, o qual será ministrado uma aula explicando os aspectos físicos da música através dos instrumentos musicais. Mostrar a importância dos gráficos e tabelas elaborados a partir dos dados físicos e matemáticos, estes coletados através de aplicativos (decibelímetros e frequencímetros).

TERCEIRO ENCONTRO: QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM

Esta aula foi expositiva, onde explicamos os fenômenos ondulatórios, das qualidades fisiológicas do som e do nível de intensidade sonora orientando a forma de apresentação, tentando direcioná-los para apresentação final. É importante ressaltar que essa aula está sendo ministrada após as pesquisas dos estudantes; o que reforça os aspectos principais já abordados pelo professor com os estudantes na sala de aula.

Começamos essa aula com questionamentos sobre a diferença entre qualidades fisiológicas do som com altura, alto e baixo, e intensidade, forte e fraco. Definimos frequência como a vibração do som, ou seja, é a informação transmitida pelos instrumentos musicais, a junção dessas podem gerar as melodias, que são sons agradáveis a nossa percepção acústica, também são as notas musicais.

Discutimos diversas situações com os estudantes, relacionando as qualidades fisiológicas do som com os instrumentos musicais. Nessa aula, pode ter grupo que já esteja utilizando os aplicativos, sugere, então, o uso desses na aula para demonstrar grandezas físicas de instrumentos que os grupos tenham no momento.

Mostramos como os alunos podem construir os gráficos e tabelas a partir dos dados coletados, por exemplo, sugerindo que o aluno, com distâncias variadas, obtenha as intensidades de cada instrumento e apresente-os em forma de gráficos e tabelas.

QUARTO ENCONTRO: INSTRUMENTOS MUSICAIS

O quarto encontro é destinado para apresentação dos instrumentos musicais em fase de acabamento. Nesse encontro orientamos sobre as ferramentas (aplicativos para celular) que deverão ser utilizadas na análise de frequência sonora gerada pelo instrumento e do nível de intensidade sonora que deve ser demonstrada, caso o aluno não tenha pesquisado ou coletados os dados.

Quanto a coleta de dados, como o nível de intensidade sonora e frequência, é sugerido aos estudantes se direcionem para um ambiente de máximo silêncio, medindo o nível de intensidade sonora máximo para cada instrumento, separadamente, em dB (decibel). Para a análise das intensidades sonoras, orientamos os estudantes a aferir em distâncias diferentes, como 1m, 2m e 4m, do instrumento, analisando a influência da distância com a intensidade do som e orientando os alunos a demonstrar esse efeito através de um gráfico da intensidade sonora em função da distância.

Posteriormente, orientamos os estudantes a escolher uma das distâncias, a qual, deverá ser apresentada uma relação matemática que permita calcular a “soma” do nível de intensidade sonora com todos os quatro instrumentos juntos e fazer uma comparação como abordagem teórica.

QUINTO ENCONTRO: APRESENTAÇÃO – 1ª PARTE

Nesse momento avaliamos os instrumentos já acabados ou em fase final. Orientando, caso necessário, a solução de problemas que tenham ocorridos. Na confecção dos instrumentos surgem diversos problemas, principalmente relacionados a caixa acústica de ressonância, onde, normalmente, os estudantes escolhem latas vazias, porém essas latas, muitas vezes, não suportam a tensão das cordas ou mesmo do toque do instrumento. Orientamos algumas soluções, como adicionar uma madeira dentro da caixa para sustentação.

SEXTO ENCONTRO: APRESENTAÇÃO – 2ª PARTE

O encontro da apresentação em forma de seminário foi dividida em dois momentos onde, no primeiro momento os alunos explicaram a parte teórica e no segundo momento tocaram na banda musical.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

Neste capítulo analisamos os dados coletados na pesquisa e utilizamos para avaliação o método qualitativo, com o objetivo de observar a aplicação dos conceitos acústicos.

Após a construção da sequência didática, detalhada no capítulo anterior, tratamos de identificar a eficácia da aplicação deste método considerando as seguintes questões: (i) qual o envolvimento do aluno no processo em geral (ou seja, participação nas reuniões, nos encontros, na fabricação dos instrumentos, nas pesquisas, nas análises, na coleta de dados, nas discussões de grupo, na participação das aulas)?; (ii) se a metodologia motiva o aluno a estudar os conceitos da física; especificamente a acústica.

Para proceder com as respostas a estas questões, utilizamos métodos qualitativos, especificamente os de análise de conteúdo (BARDIN, 2016). Assim, empregamos, primeiro, um questionário objetivo com os conceitos de qualidades fisiológicas do som. Também analisamos as tabelas e gráficos elaborado pelos grupos de estudantes e, por fim, averiguamos uma redação que foi proposta com o tema “Poluição sonora”, e outra sobre a motivação que o trabalho despertou, assim como sobre os conceitos da física. Nesses casos, utilizamos procedimentos de análise de conteúdo a questões abertas. Ao tempo em que esta análise é desenvolvida, apresentamos a parte do Produto relativa a construção dos instrumentos.

A apresentação deste capítulo está dividida da seguinte forma: a seção 5.1, analisamos os testes objetivos, usando gráficos e percentual de acertos; na seção 5.2 avaliamos a questão aberta aplicado no teste; na seção 5.3 apresentamos três trabalhos completos dos estudantes descrevendo os gráficos, tabelas e instrumentos confeccionados em seguida, explicamos a confecção de alguns dos instrumentos musicais apresentado; na seção 5.4 analisamos trechos das redações proposta.

5.1 Análise do teste

Este teste é composto por questões de vestibulares, abordando de forma direta conceitos de fisiologia do som. Para cada questão geramos um gráfico, onde relacionamos a quantidade de acerto para cada item. Discutimos o percentual de acertos, fazendo uma

comparação com a média da escola; esta gira em torno de 60 %. Essa média percentual é uma média que consideramos aceitável para registrar aprendizagem. Como relatei anteriormente, a escola avalia com indicadores, assim a média seria “S”, de satisfatório.

Em seguida descreveremos as questões e gráficos, apresentando um breve comentário sobre cada uma. Tivemos um total de 149 alunos que realizaram o teste. Nos preocupamos em escolher problema com nível de dificuldade fácil, médio e difícil. Essas dificuldades relacionamos a interpretação do problema e não ao conteúdo propriamente.

Questão 01

(Ufsm-2015) Dois engenheiros chegam à entrada de uma mina de extração de sal que se encontra em grande atividade. Um deles está portando um decibelímetro e verifica que a intensidade sonora é de 115 decibéis.

Considerando as qualidades fisiológicas do som, qual é a definição de intensidade sonora?

- a) () Velocidade da onda por unidade de área.
- b) () Frequência da onda por unidade de tempo.
- c) () Potência por unidade de área da frente de onda.
- d) () Amplitude por unidade de área da frente de onda.
- e) () Energia por unidade de tempo.



Gráfico 1: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 01

Essa questão é da Universidade Federal de Santa Maria no Rio Grande do Sul. De acordo com o enunciado, a onda envolvida é sonora, que é uma onda mecânica e tridimensional. A intensidade (I) de ondas tridimensionais é medida pela razão entre a potência (P) emitida pela fonte e a área (A) de alcance,

$$I = \frac{P}{A}, \quad \text{Equação: 01}$$

onde a unidade de potência é dada em Watts e área é em metros quadrado. Concluímos que a resposta correta é a letra “c”.

De acordo com as respostas dos estudantes, descrita no gráfico 01, 107 alunos responderam o item “c”, porém há uma quantidade expressiva que responderam o item “d”. Ao analisar este item, averiguamos que o termo unidade de área pode ter levado alguns dos estudantes a escolherem essa resposta. Porém, se formos criteriosos, quanto maior a amplitude maior a pressão sonora, não podemos descartar que houve conhecimento físico para a escolha desse item.

Quando realizamos o *feedback* desse teste em sala de aula, observamos que alguns alunos relataram ter confundido, mas que sabiam a resposta, e outros tinham esquecido, porém sabiam que era “alguma coisa” dividido pela área. Com relação à média escolhida os estudantes se saíram bem, pois 72 % acertaram a resposta.

Questão 02

(Enem-2015) Ao ouvir uma flauta e um piano emitindo a mesma nota musical, consegue-se diferenciar esses instrumentos um do outro.

Essa diferenciação se deve principalmente ao(a)

- a) () intensidade sonora do som de cada instrumento musical.
- b) () potência sonora do som emitido pelos diferentes instrumentos musicais.
- c) () diferente velocidade de propagação do som emitido por cada instrumento musical.
- d) () timbre do som, que faz com que os formatos das ondas de cada instrumento sejam diferentes.
- e) () altura do som, que possui diferentes frequências para diferentes instrumentos musicais.

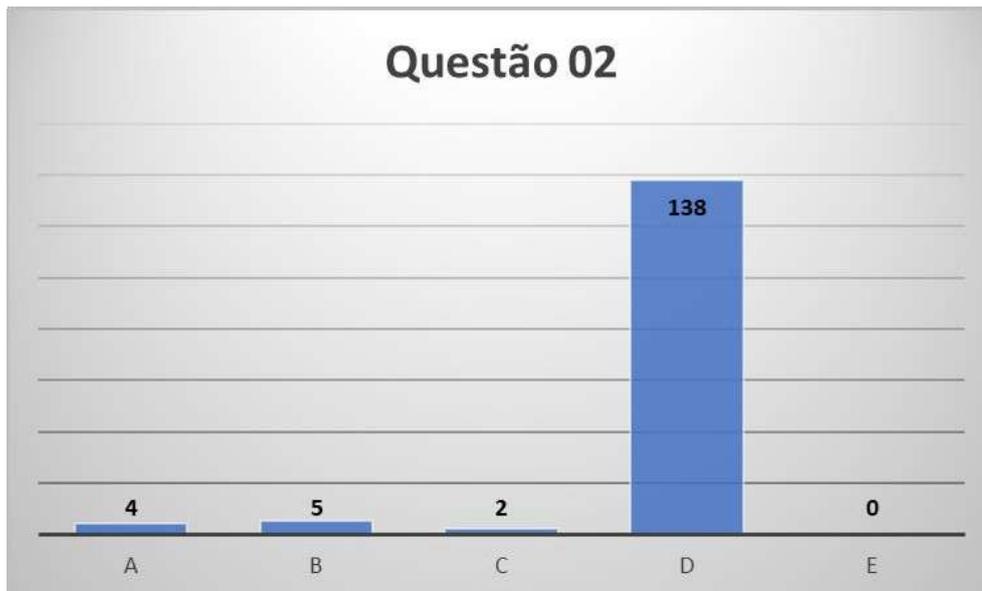


Gráfico 2: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 02

As questões do Exame nacional do ensino médio (ENEM) usam a teoria de resposta ao item (TRI¹), segundo o MEC, isso dificulta os estudantes escolherem respostas ao acaso. De acordo com Araujo et al, 2009, as alternativas são independentes, diferente da questão 01, na qual o estudante podia se basear nos itens para achar a resposta, utilizando as diferenças de palavras. Na questão 01, as palavras “potência” e “amplitude” foram utilizadas mais de uma vez nas alternativas. Isso não ocorre na TRI. Como cada item tem sua particularidade, um não interfere no outro, assim, dificultando uma resposta ao acaso.

É importante notar que cada opção da questão tem a palavra instrumentos e som. Assim, esses termos não são os fatores a serem observados da questão. O que deve ser analisado são os termos: intensidade; potência; velocidade; timbre; altura. Nesse caso, a resposta correta refere-se ao timbre, apesar das ondas terem formato diferentes, elas têm a mesma frequência sonora, que permite diferenciar instrumentos com o mesmo som.

¹ Essa teoria começou nos anos 1950 com Frederic Lord ela considera cada item independente facilitando uma probabilidade de dados mais coerente diante das questões tradicionais, não avalia o questionário como um todo, mas sim cada item individual. A teoria TRI possibilita analisar os indivíduos por escolhas de itens, pois cada item leva características que podem ser avaliadas de acordo com as escolhas (ARAUJO et al, 2009).

De acordo com o gráfico da questão 02, 138 alunos acertam, ou seja, 92 % dos estudantes escolheram o item d, e o restantes 8 % ficaram entre os itens a, b e c. Nessa questão os estudantes ficaram acima da média preestabelecida

Questão 03

(Pucrs-2015) Nossos sentidos percebem de forma distinta características das ondas sonoras, como: frequência, timbre e amplitude. Observações em laboratório, com auxílio de um gerador de áudio, permitem verificar o comportamento dessas características em tela de vídeo e confrontá-las com nossa percepção. Após atenta observação, é correto concluir que as características que determinam a altura do som e a sua intensidade são, respectivamente,

- a) () frequência e timbre.
- b) () frequência e amplitude.
- c) () amplitude e frequência.
- d) () amplitude e timbre.
- e) () timbre e amplitude.

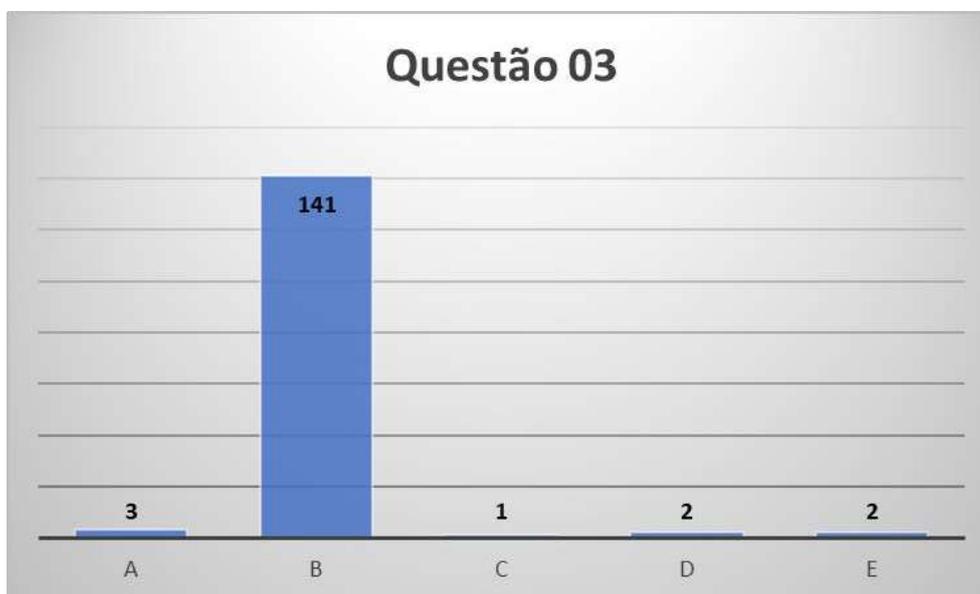


Gráfico 3: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 03

Essa é uma questão, da Pontifca Universidade Católica do Rio Grande do Sul de 2015, contextualizada; porém com itens que podem levar os alunos ao erro, pois repetem termos (amplitude e frequência), diferente de questões que usam o TRI na sua estrutura. Outra característica da questão são os termos altura sonora e intensidade, no dia a dia esses

termos são usados incorretamente, confunde-se altura sonora com volume, sendo que altura se refere a vibração do som.

O item “b” é o correto, pois a altura do som é caracterizada pela frequência da onda sonora, diferenciando um som grave de um som agudo, assim um som baixo é grave e um som agudo é alto. A intensidade de um som está relacionada a pressão dividido pela área de alcance. E a pressão é caracterizada pela amplitude da onda sonora, diferenciando um som fraco de um som forte, ou seja, som forte tem volume alto e som fraco tem volume baixo. Nossa intenção não é corrigir as questões em sua essência, mas apenas avaliar as escolhas dos estudantes baseados em seus conhecimentos.

De acordo com o gráfico 3, 141 estudantes escolheram o item “b”, ou seja, 95 % deles optaram pela opção correta restando 5 % para os outros itens, bem acima da média preestabelecida padrão da escola que é de 60 %.

Questão 04

(Ucs-2014) Um importante componente para um filme é sua trilha sonora. Alguns sons, inclusive, já estão associados a certas emoções que se desejam passar ao espectador em uma cena. Por exemplo, em filmes de terror e mistério, é comum o som de fundo da cena ser mais grave (embora haja exceções). Imagine-se uma pessoa cuja percepção sonora a permite distinguir os sons graves e agudos emitidos por um instrumento musical. Se ela receber do mesmo aparelho de som em sequência, e sem que ocorra nenhuma mudança no meio de propagação da onda, primeiro uma onda sonora que ela classifica como de som grave, e depois uma onda sonora que ela classifica como de som agudo, significa que ela recebeu, respectivamente,

- a) () duas ondas mecânicas, sendo a primeira com frequência menor do que a segunda.
- b) () uma onda eletromagnética de pequeno comprimento de onda e uma onda mecânica de grande comprimento de onda.
- c) () duas ondas eletromagnéticas com iguais frequências e diferentes comprimentos de onda.
- d) () duas ondas mecânicas com iguais comprimentos de onda e diferentes frequências.
- e) () duas ondas mecânicas com iguais frequências, iguais comprimentos de onda, mas diferentes amplitudes.

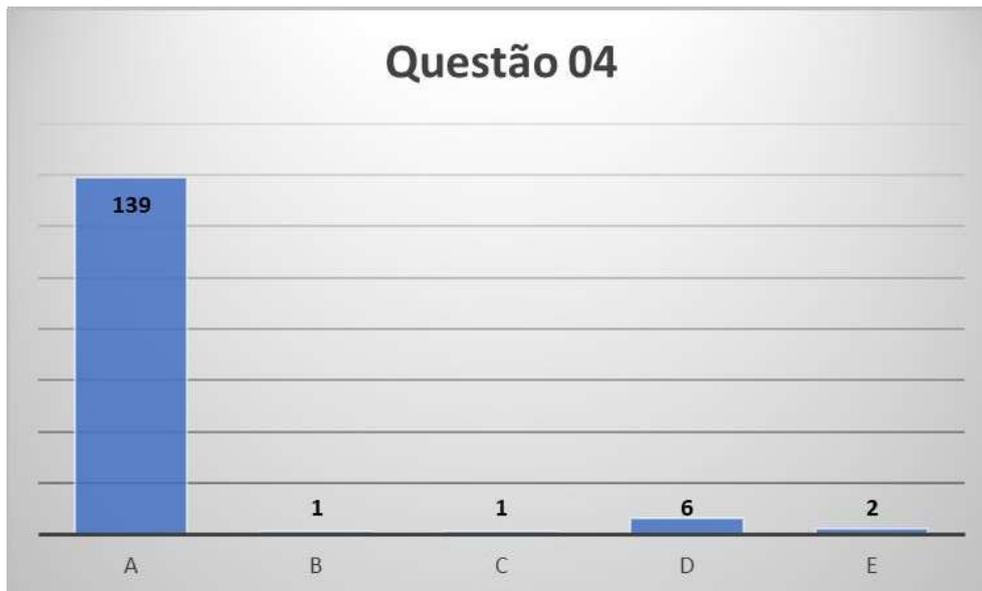


Gráfico 4: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 04

A questão 4, da Universidade Católica do Sul, é uma questão contextualizada, de resposta relativamente simples que envolve só a grandeza frequência. Para responder essa pergunta o estudante deve saber que o som é uma onda mecânica. Sendo o som de menor frequência o mais grave e o de maior frequência o mais agudo, assim o item correto é o “a”. De acordo com o gráfico 4, 139 estudantes acertaram a questão, o que corresponde a 93 % de acerto, superior a média preestabelecida.

Questão 05

(Enem PPL-2013) Visando reduzir a poluição sonora de uma cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que impõe o limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível sonoro permitido após as 22 horas.

Ao aprovar a referida lei, os vereadores estão limitando qual característica da onda?

- a) () A altura da onda sonora.
- b) () A amplitude da onda sonora.
- c) () A frequência da onda sonora.
- d) () A velocidade da onda sonora.
- e) () O timbre da onda sonora.

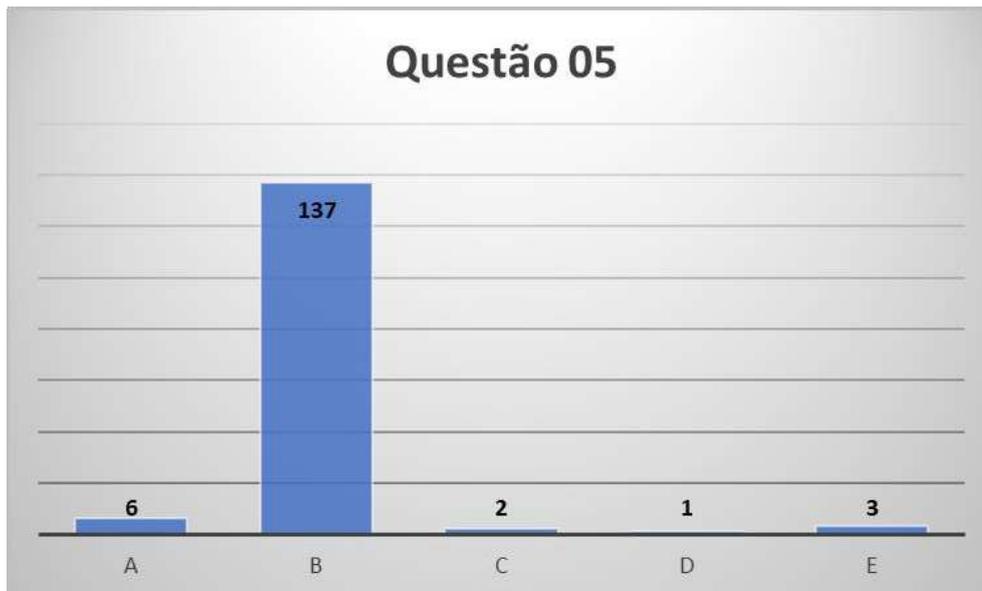


Gráfico 5: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 05

A questão 5, do ENEM, envolve um cenário em que se refere a poluição sonora, onde é limitado o nível sonoro de um município. O estudante tem que saber qual qualidade fisiológica do som pertence a essa grandeza, nesse caso a intensidade sonora. Vimos que a intensidade relaciona a pressão sobre a área de alcance e o que caracteriza a esta pressão é a amplitude da onda, logo o item correto é o “b”. De acordo com o gráfico 5, 137 estudantes decidiram a opção correta, assim 93 % acertaram o problema. Essa, mostra que a maioria dos alunos estão sabendo relacionar, de forma correta, a relação da amplitude com a intensidade sonora.

Questão 06

(FGVRJ-2010) A avaliação audiológica de uma pessoa que apresentava dificuldades para escutar foi realizada determinando-se o limiar de nível sonoro de sua audição (mínimo audível), para várias frequências, para os ouvidos direito e esquerdo separadamente. Os resultados estão apresentados nos gráficos abaixo, onde a escala de frequência é logarítmica, e a de nível sonoro, linear.

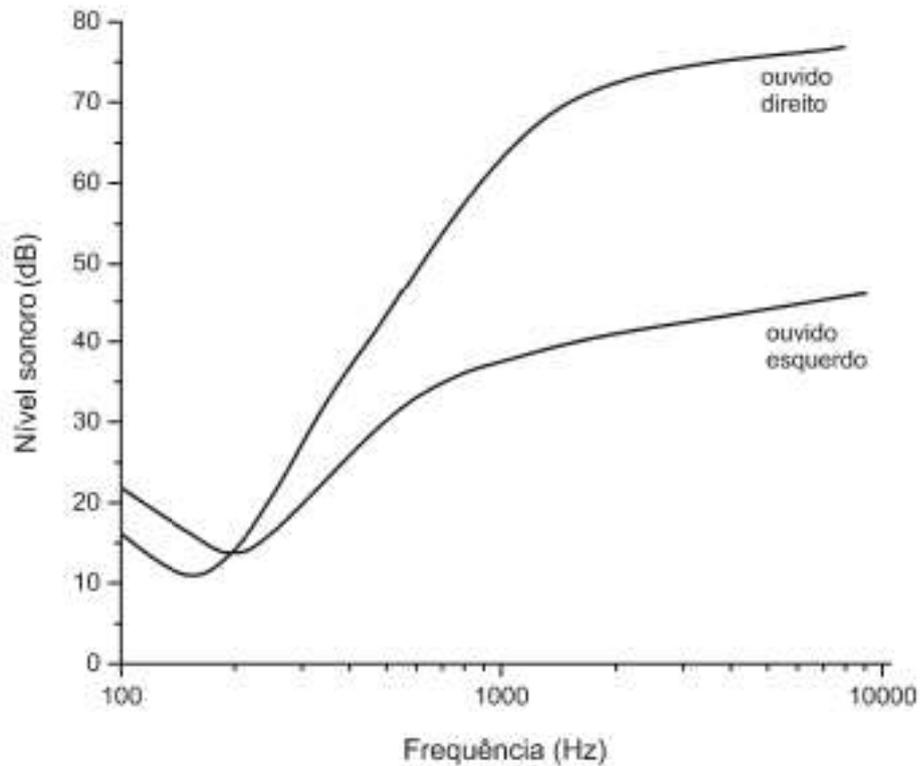


Gráfico 6: Relação da frequência com o nível sonoro (dB) da questão 06

A partir desses gráficos, pode-se concluir que essa pessoa

- a) não escuta um sussurro de 18 dB, independente de sua frequência.
- b) percebe o som da nota musical lá, de 440 Hz, apenas com o ouvido esquerdo, independente do nível sonoro.
- c) é surda do ouvido esquerdo.
- d) escuta os sons de frequências mais altas melhor com o ouvido direito do que com o esquerdo.
- e) escuta alguns sons sussurrados, de frequência abaixo de 200 Hz, apenas com o ouvido direito.

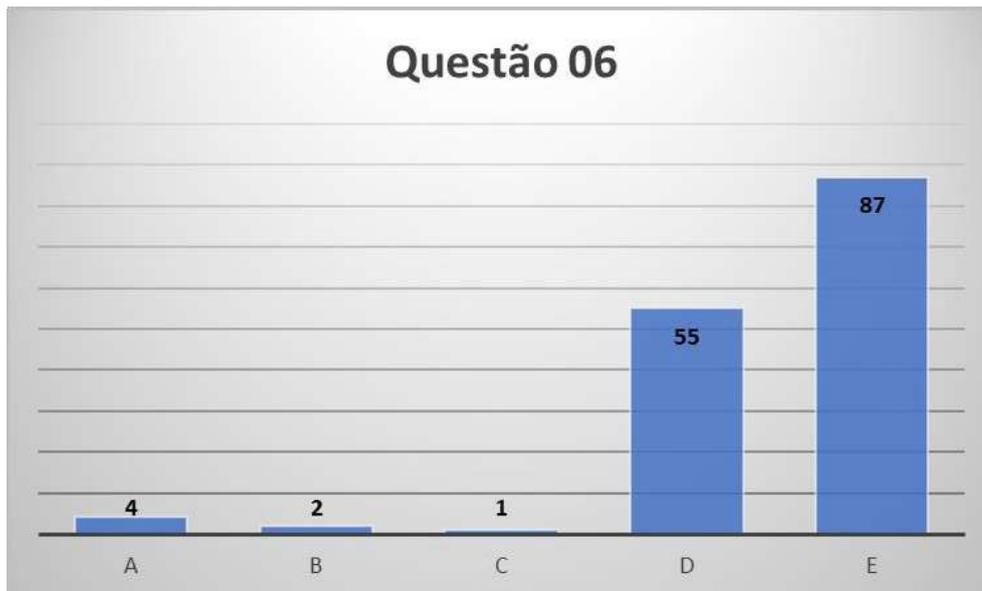


Gráfico 7: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 06

A questão 06, da Universidade Fundação Getúlio Vargas do Rio de Janeiro, exige uma interpretação gráfica, a partir de um exame de audiometria. O problema parte de um exame audiológico, de uma pessoa que tem dificuldades para escutar, o qual relaciona frequência com nível sonoro. Fazendo uma análise direta do gráfico não fica claro a resposta, pois o autor não definiu a intensidade do sussurro, porém chega-se a resposta por causa do erro das outras, assim a opção correta é a letra “e”.

Os estudantes demonstram muita dificuldade em leitura de gráficos, pois não é só ler os dados. Esses dados devem ser analisados separadamente e em seguida interpretados em conjunto e, por fim, relacionados com seus conhecimentos prévios (MORAIS e FERNANDES, 2011). Essa dificuldade foi observada neste problema, onde, analisando o gráfico 07, conclui-se que 37 % dos estudantes escolheram o item “d” e 58 % escolheram o item correto, dado, este, que ficou abaixo da média preestabelecida. Ainda, assim, consideramos aceitável, pois é um valor muito próximo de 60 %.

Questão 07

7. (CPS-2007) A poluição causada pelo som é um dos maiores problemas ambientais da vida moderna e se dá por meio do ruído, que é o som indesejado. Segundo a Organização Mundial da Saúde, o limite tolerável ao ouvido humano é de 65 dB. Acima disso, nosso organismo sofre estresse, o qual aumenta o risco de doenças. Com ruídos acima de 85 dB aumenta o risco de comprometimento auditivo. Essa situação pode ser revertida

aplicando-se as tecnologias de controle, que desenvolvem produtos específicos, recursos para identificação e análise das fontes de ruído, objetivando a previsão de sua redução por meio de programas de simulação e o desenvolvimento de máquinas menos ruidosas.

(Adaptado de: <<http://www.ambientebrasil.com>. acessado em: fev. 2007.)

Assinale a alternativa cujas palavras completam correta e respectivamente a frase a seguir.

O aparelho capaz de medir o nível de intensidade _____ é denominado _____ mede, precisamente, áreas de ruídos e outros níveis de som.

- a) () ruidosa – calorímetro
- b) () auditiva – multímetro
- c) () acústica – termômetro
- d) () sonora – decibelímetro
- e) () melodiosa – velocímetro

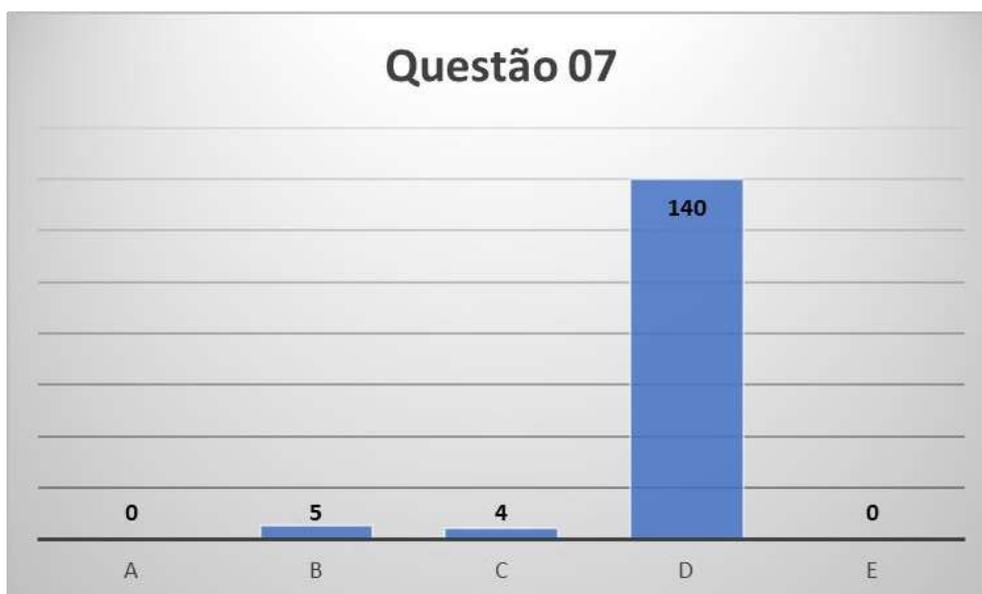


Gráfico 8: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 07

A questão 07, elaborada pelo Centro Paulo Souza, foi adotada por abordar instrumentos de medidas, como o decibelímetro. É um problema bem contextualizado, envolvendo poluição sonora e relacionando com problemas ambientais. Analisando o gráfico de respostas dos estudantes, concluímos que 94 % dos estudantes acertaram a questão que era o item “d”. Na banda sustentável os alunos utilizaram decibelímetros para coleta de dados, mostrando-se de fácil solução esse problemas.

Questão 08

8. (Ufscar-2007) Sabemos que, em relação ao som, quando se fala em altura, o som pode ser agudo ou grave, conforme a sua frequência.

Portanto, é certo afirmar que

- a) () o que determina a altura e a frequência do som é a sua amplitude.
- b) () quanto maior a frequência da fonte geradora, mais agudo é o som.
- c) () o som é mais grave de acordo com a intensidade ou nível sonoros emitidos.
- d) () sons mais agudos possuem menor velocidade de propagação que sons mais graves.
- e) () sons graves ou agudos propagam-se com mesma velocidade no ar e no vácuo.

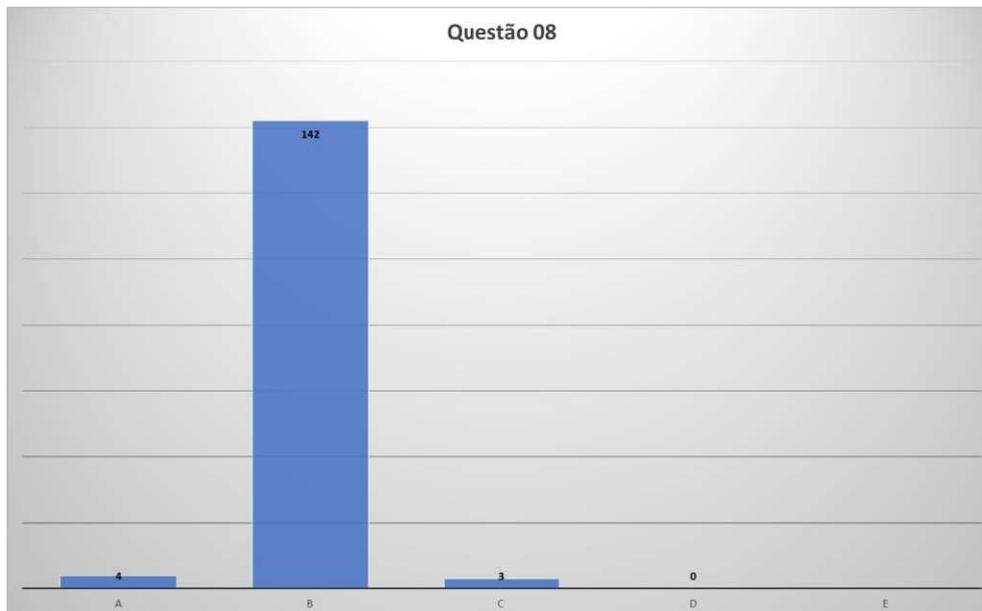


Gráfico 9: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 08

A questão 8, da Universidade Federal de São Carlos, aborda diversos conceitos relacionados a acústica do som, no entanto a resposta refere-se somente a frequência. Para o aluno chegar a resposta correta, que é a letra “b”, deve-se analisar cada item separadamente. De acordo como o gráfico da questão 08, 142 estudantes escolheram a assertiva correta, totalizando 95 % de acerto.

Questão 09

9. (Unifesp-2002) Se você colocar a sua mão em forma de concha junto a um de seus ouvidos, é provável que você ouça um leve ruído. É um ruído semelhante ao que se ouve quando se coloca junto ao ouvido qualquer objeto que tenha uma cavidade, como uma concha do mar ou um canudo.

A fonte sonora que dá origem a esse ruído

- a) () é o próprio ruído do ambiente, e a frequência do som depende do material de que é feita a cavidade.
- b) () são as partículas do ar chocando-se com as paredes no interior da cavidade, e a frequência do som depende da abertura dessa cavidade.
- c) () é o próprio ruído do ambiente, e a frequência do som depende da área da abertura dessa cavidade.
- d) () são as partículas do ar chocando-se com as paredes no interior da cavidade, e a frequência do som depende da forma geométrica da cavidade.
- e) () é o próprio ruído do ambiente, e a frequência do som depende da forma geométrica da cavidade.

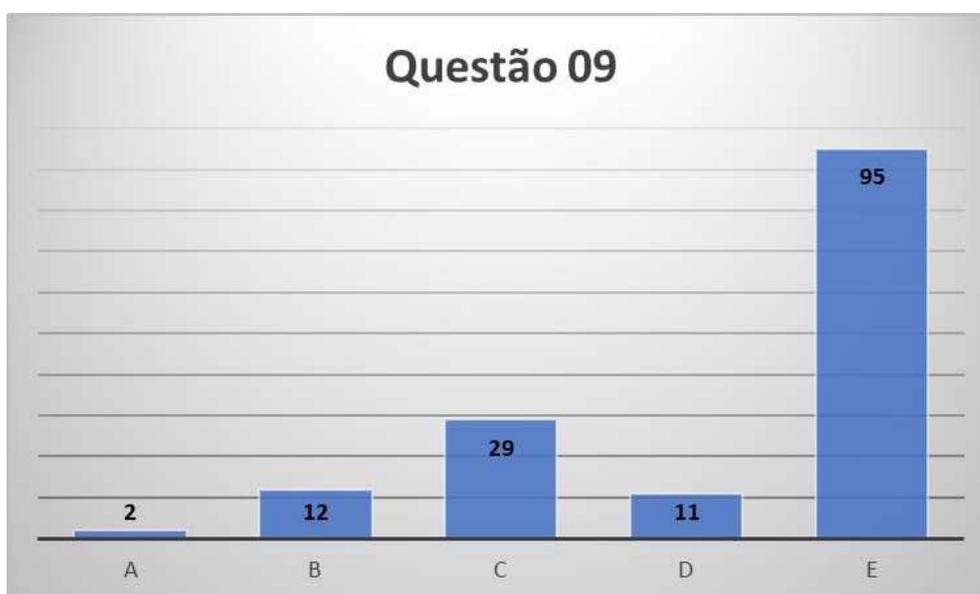


Gráfico 10: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 09

A questão 09, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), aborda frequência e caixa de ressonância. O intuito dessa questão era saber se as estudantes compreenderam que o formato da caixa de ressonância modifica o som e amplifica o mesmo. Confeccionando os instrumentos musicais eles tiveram que pesquisar, estudar e fabricar

as caixas de ressonância. Com erros e acertos tanto na abertura quanto no formato das caixas.

Depreende-se da questão que o material não influencia, pois ele deixa claro que ao pegar qualquer objeto no formato de concha ouve-se o mesmo ruído. E quando relata a mesma cavidade, entende-se a mesma forma geométrica da abertura. Concluímos que o item correto é o “e”. Analisando as respostas dos estudantes, a partir do gráfico 09, vimos 64 % acertaram a questão, acima da média preestabelecida que era de 60 %.

Questão 10

10. (Ufmg-2000) Ao tocar um violão, um músico produz ondas nas cordas desse instrumento. Em consequência, são produzidas ondas sonoras que se propagam no ar. Comparando-se uma onda produzida em uma das cordas do violão com a onda sonora correspondente, é CORRETO afirmar que as duas têm

- a) () a mesma amplitude.
- b) () a mesma frequência.
- c) () a mesma velocidade de propagação.
- d) () o mesmo comprimento de onda.

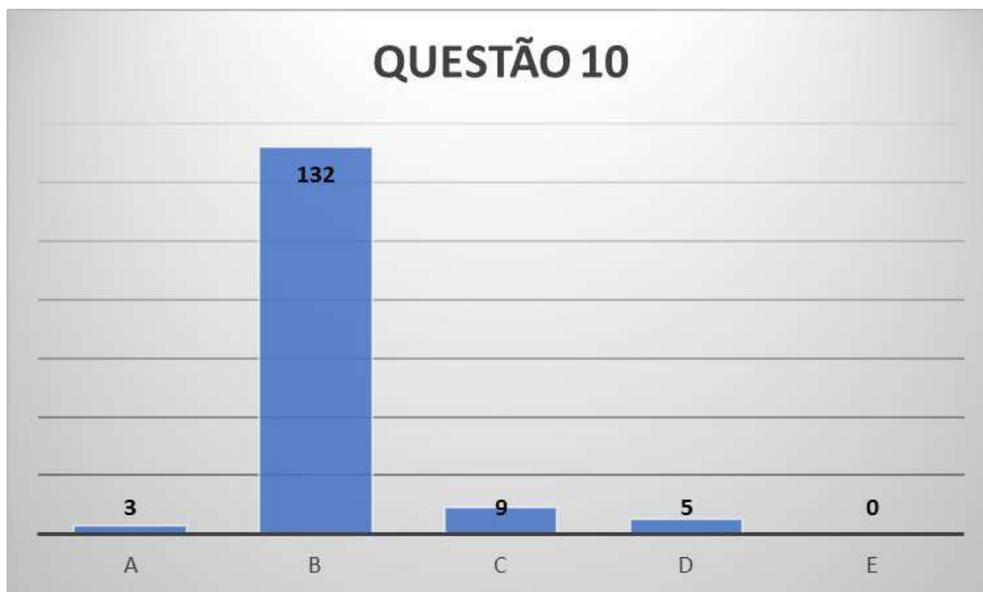


Gráfico 11: Relação de alunos por escolhas de itens da questão 010

A questão 10, da Universidade Federal de Minas Gerais, Ufmg, aborda frequência produzida em cordas. Consideramos essa questão de abordagem simples, pois os estudantes tiveram que produzir esse tipo de instrumento, assim, essa ideia da frequência em cordas foi bem debatida. Como esperávamos boa parte dos estudantes escolheram o item correto, “b”. Como infere-se no gráfico 10, 89 % dos alunos acertaram a resposta.

A média total dos estudantes ficou em 84 %, superior a média preestabelecida no início da análise, pela medida da escola os alunos teria um menção, média, de O, ótimo. Com uma taxa de acerto alto, reconhecemos um bom aproveitamento do conteúdo abordado na proposta.

5.2 Análise da questão aberta

Com o teste objetivo analisamos os conceitos físicos abordado na proposta. Como foi demonstrado, tivemos um percentual alto de respostas corretas. Ao final do teste colocamos uma questão aberta, onde queríamos que os alunos descrevessem, com detalhes, o que foi o projeto Banda sustentável para eles, relatando conceitos físicos que eles tenham adquiridos.

Em nossa análise percebemos que a maioria dos estudantes se sentiram motivados para realizar essa proposta como é descrito nos relatos abaixo:

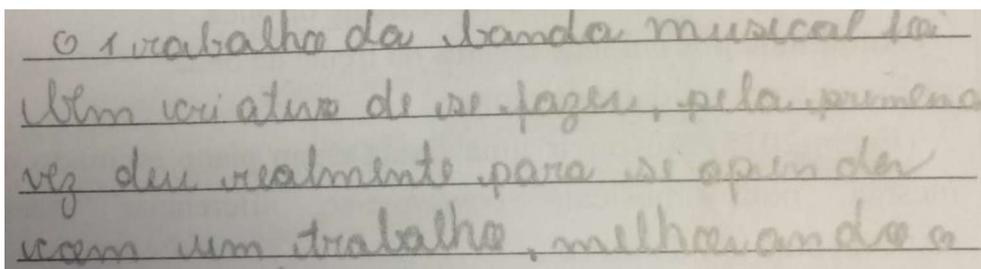


Figura 1: Trecho descritivo da questão aberta: A1

esse trabalho me possibilitou de me divertir e aprender ao mesmo tempo podendo produzir em momentos simultâneos.

Figura 2: Trecho descritivo da questão aberta: A2

A produção do trabalho bancas musicais foi algo inovador nunca imaginei ter que procurar no lixo "papas" para criar um instrumento musical e como foi trabalhoso criar los, já na parte teórica foi sensacional, não tinha "afinidade" com essa matéria porém com esse trabalho foi diferente, para mim o aprendizado ficou mais em prática e melhor do que colocar em uma prova

Figura 3: Trecho descritivo da questão aberta: A3

Segundo Bardin (2016), ao analisar questões abertas descritivas de forma qualitativa, devemos procurar por objetos que demonstrem a aprendizagem, relacionando ou fazendo comparação com termos científicos. Em nossa pesquisa procuramos termos que mostrem a motivação dos estudantes. Como no aluno A1, onde descreve expressões como:

“bem criativo” e “...deu realmente para aprender com um trabalho...”.

O termo criativo sugere algo interessante e o termo “deu” entendemos como possibilitou, proporcionou, assegurou e etc, a aprendizagem, no termo “realmente” ele intensifica que adquiriu o conhecimento necessário.

A aluna A2, já foi bem mais objetiva na resposta quando escreve:

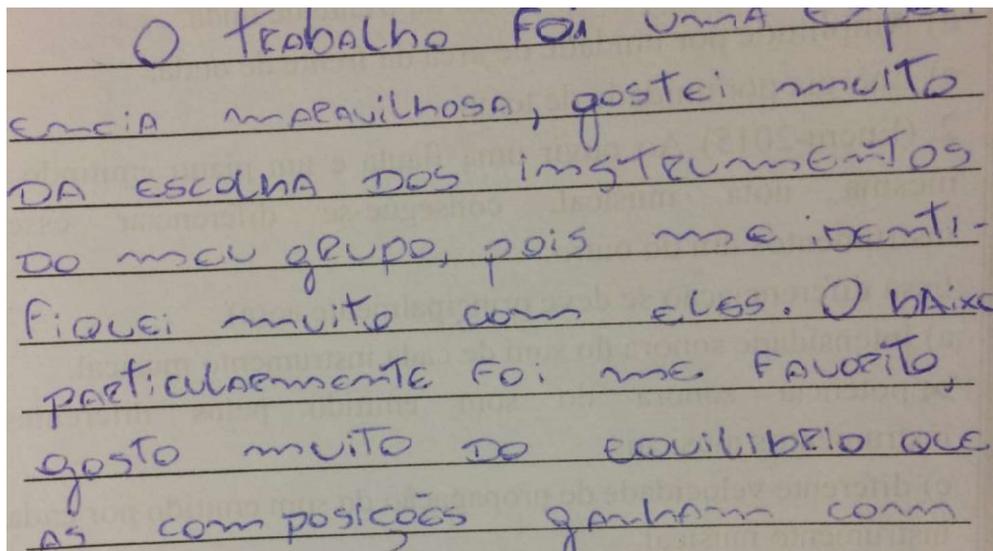
“Esse trabalho me possibilitou de me divertir e aprender ao mesmo tempo...”

As palavras divertir e aprender ao mesmo tempo, é exatamente o que esperávamos dessa proposta. Essa palavra diversão não se refere ao termo depreciativo, mas algo interessante que levou a aprendizagem

O aluno A3, parece mais empolgado na sua escrita, analisamos os termos que ele escreveu, onde:

“...foi sensacional, não tinha afinidade com essa matéria, porém com esse trabalho foi diferente...”

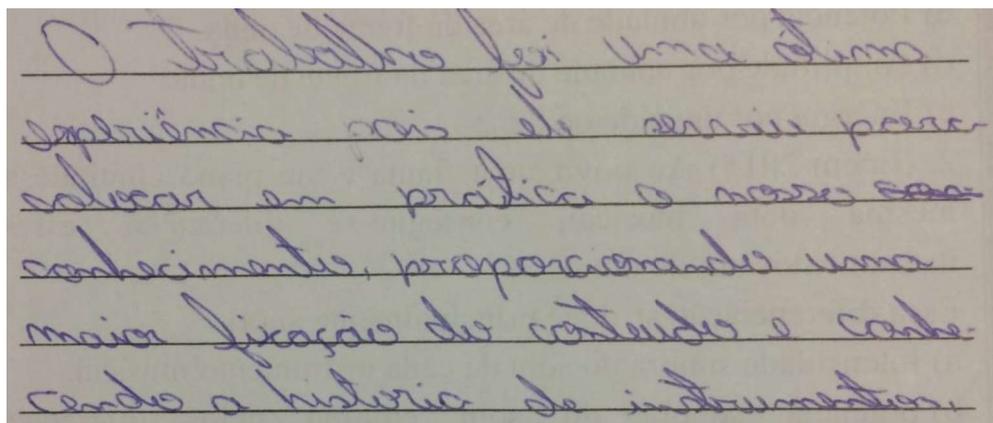
Quando ele escreve “*essa matéria*”, refere-se a física e o termo sensacional mostra empolgação, ou seja, ele ficou motivado. Diversos alunos descreveram termos semelhantes que levam a conclusão que eles ficaram motivados com a proposta, como o aluno A4 descreve “*uma experiencia maravilhosa*”. Todas essas expressões levam a concluir sobre o estímulo positivo que tiveram para produzir esses instrumentos.



O trabalho foi uma experiência maravilhosa, gostei muito da escuta dos instrumentos do meu grupo, pois me identifiquei muito com eles. O baile particularmente foi meu favorito, gosto muito do equilíbrio que as composições ganham com

Figura 4: Trecho descritivo da questão aberta: A4

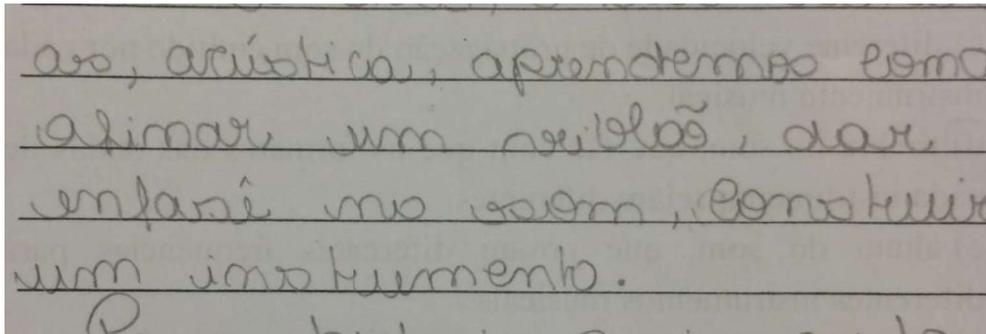
Não foi só a motivação que pudemos observar em suas respostas, também registramos conceitos físicos em seus escritos. Como segue nas imagens abaixo.



O trabalho foi uma ótima experiência pois ele serviu para colocar em prática o nosso ~~são~~ conhecimentos, proporcionando uma maior fixação do conteúdo e conhecendo a história de instrumentos.

Figura 5: Trecho descritivo da questão aberta: A5

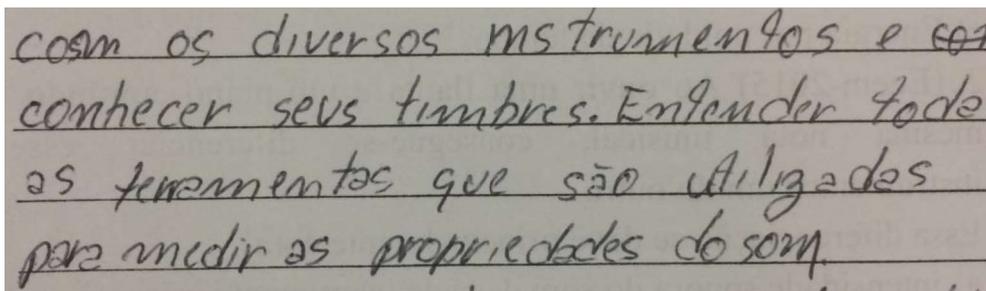
O aluno A5 demonstra sobre o conhecimento da história do instrumento, apesar de não relatar a qual instrumento ou mesma a história, infere-se que ele estudou ou mesmo pesquisou.



ao, acústico, aprendemos como
afinar um violão, dar
ênfase no som, como tocar
um instrumento.

Figura 6: Trecho descritivo da questão aberta: A6

A aluna A6 descreve sobre a aprendizagem da afinação de um violão, ou seja, saberes que eles tiveram que pesquisar e aprender para construir os instrumentos. Não é fácil estudar, por conta própria, disciplinas como a física, assim esse relato, também mostra a motivação dos alunos em estudar tanto a física com outros saberes para concluir o projeto.

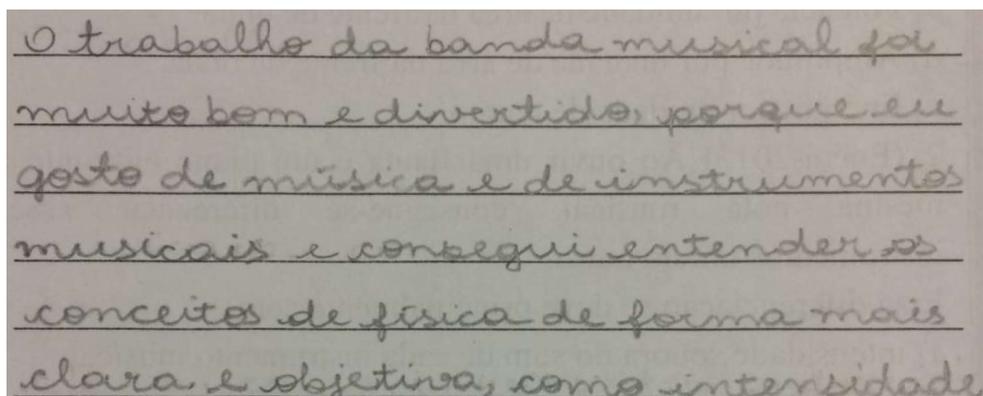


com os diversos instrumentos e
conhecer seus timbres. Entender todo
as ferramentas que são utilizadas
para medir as propriedades do som.

Figura 7: Trecho descritivo da questão aberta: A7

O aluno A7 comenta sobre as ferramentas utilizadas para aferir as grandezas dos sons, outro elemento que tiveram que pesquisar para, assim utilizá-los com os instrumentos. Onde ele escreve “entender”, compreende-se que tiveram que estudar e aprender a lidar com esses instrumentos.

No relato abaixo o aluno A8, descreve sobre o tema musical e o quanto ele ajudou na sua aprendizagem, mostrando que temas relacionados ao social do estudante torna o conhecimento mais fácil e significativa.



O trabalho da banda musical foi muito bom e divertido, porque eu gosto de música e de instrumentos musicais e consegui entender os conceitos de física de forma mais clara e objetiva, como intensidade

Figura 8: Trecho descritivo da questão aberta: A8

Nos relatos dos estudantes eles expõem a intencionalidade e vontade que tiveram em aprender com esse projeto, mostrando ser viável aprender e se divertir ao mesmo tempo.

Na seção 5.3 iremos descrever algumas apresentações e a construção, relatando os gráficos e instrumentos confeccionados. Na mesma seção, ao final, descreveremos a confecção mais detalhada de alguns instrumentos musicais.

5.3 Análise das apresentações dos estudantes com abordagem nas tabelas de frequências, nos gráficos de intensidade sonora em função da distância e instrumentos musicais confeccionados.

Nesta seção iremos mostrar algumas apresentações dos grupos de estudante, dando ênfase nas tabelas e gráficos, onde mostrarão os dados físicos coletados a partir dos instrumentos. Em seguida daremos destaque em alguns instrumentos confeccionados, abordando passo a passo da construção. Identificaremos os grupos com um número seguido de uma letra, onde, esta identifica a turma. Para não repetir os instrumentos escolhemos grupos aleatórios.

Grupos 1A

Na família dos idiofones, esse grupo confeccionou um chocalho, como mostra a imagem a seguir. Utilizaram embalagem vazia de iogurte, colocaram arroz para promover o atrito e gerar o som.



Figura 9: Chocalho confeccionado pelo grupo 1A

Os estudantes tiveram dificuldade de aferir a frequência correta desse instrumento, pois ele não tem uma frequência específica, depende muito da forma e intensidade que é tocado, como descrito na figura 10. Para aferir as frequências o grupo escolheu um aplicativo de smartphone o *doubleTUNE*, é um aplicativo gratuito, onde ele mostra além da frequência a nota musical referente a frequência.

Frequências atingidas

- O chocalho não possui uma frequência certa, sendo bem variada dependendo da posição que se toca ele.
- O aplicativo que usamos chegamos entre 413-440
- Fizemos uma média da frequência e intensidade sonora

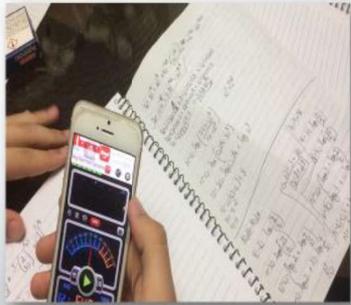


Figura 10: Frequência emitida pelo chocalho do grupo 1A

Na família dos aerofones, construíram uma flauta de Pan, como mostra a figura 11. Para confeccionar essa flauta os estudantes utilizaram de canos de PVC de 20 mm, fita adesiva, cola quente, uma serra de cano, linha de costura e tinta. Fazendo uma ampla pesquisa na internet conseguiram os comprimentos dos canos, cortaram e colaram com cola quente. Para assegurar que ficassem juntas, colocaram fita adesiva e amarraram com a linha de costura. Em seguida pintaram com tinta cor dourada.



Figura 11: Flauta de Pan, confeccionado pelo grupo 1A

Na figura 12, o grupo mostra o cálculo da frequência natural usando o comprimento de um dos tubos. Ao lado do cálculo eles descrevem as frequências coletadas de cada cano e atribui suas respectivas notas musicais.

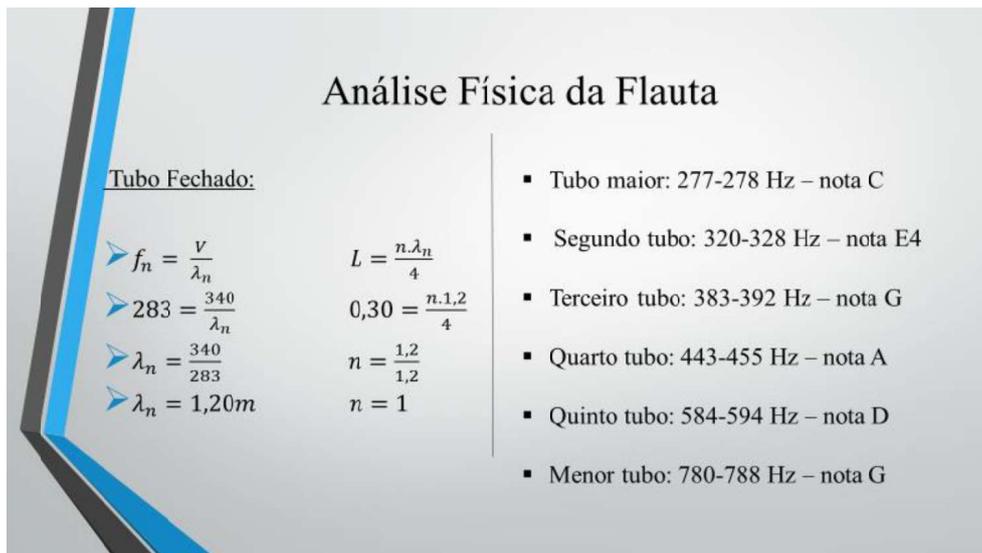


Figura 12: Análise das frequências da flauta de Pan do grupo 1A

Na figura 13, está o violão confeccionado pelo grupo, o qual faz parte da família dos cordofones. Para confeccioná-lo o grupo utilizou uma haste de um violão quebrado, tarraxas, cordas de nylon, uma lata de solvente, pedaços de madeiras, pregos e parafusos. Ao fazer a montagem do violão o grupo teve problemas na afinação do mesmo, pois a lata de solvente, que serviu de caixa de ressonância, não suportava as tensões das cordas. Para resolver este problema colocaram um pedaço de madeira, no interior da lata, em toda sua dimensão.



Figura 13: Violão, da família dos cordofones, confeccionado pelo grupo 1A

Ao resolver o problema da afinação do violão conseguiram coletar os dados com o frequencímetro. Descreveram as frequências de cada corda seguida da sua nota musical, como mostra a figura 14.

Análise Física Violão

<p><u>Onda estacionária de cordas:</u></p> <p>➤ $f_n = \frac{v}{\lambda_n}$ $L = \frac{n \cdot \lambda_n}{2}$</p> <p>➤ $331,6 = \frac{340}{\lambda_n}$ $0,57 = \frac{n \cdot 1,02}{2}$</p> <p>➤ $\lambda_n = 1,02 \text{ m}$ $1,14 = n \cdot 1,02$</p> <p>➤ $n \cong 1,11$</p>	<p><u>Frequências atingidas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1ª corda= 82,1 Hz – Nota atingida E ▪ 2ª corda= 110,2 Hz – Nota atingida A ▪ 3ª corda= 146,5 Hz – Nota atingida D ▪ 4ª corda= 194,9 Hz – Nota atingida G ▪ 5ª corda= 247,3 Hz – Nota atingida B ▪ 6ª corda= 331,6 Hz – Nota atingida E
--	--

Figura 14: Frequências emitidas pelo violão do grupo 1A

O instrumento de membrana confeccionados pelo grupo 1A foi o tambor, segue na figura 15, da família dos membranofones. Eles relataram dificuldade em aferir a frequência, como tiveram no chocalho, pois o tambor não tem uma frequência definida, depende da batida realizada. Conseguiram aferir uma frequência entre 220 Hz e 240 Hz.



Figura 15: Tambor confeccionado pelo grupo 1A

Confeccionaram o tambor com uma lata de leite em pó, uma bexiga de festa e uma linha. Encaixaram a bexiga na boca da lata e, em seguida, amarraram com uma linha em volta de toda a lata. Na imagem 16, o grupo mostra as intensidades sonoras atingida pelos instrumentos usando as distâncias de 1, 2, 4 e 8 metros. Com esses valores eles construíram o gráfico de intensidade sonora versus a distância de cada instrumento (figura 17).

Decibéis atingidos

Chocalho:	Flauta Pan:	Tambor	Violão
1m= 69,2 dB	1m= 83 dB	1m= 82 dB	1m= 78,6 dB
2m= 66 dB	2m= 80 dB	2m= 75 dB	2m= 74,6 dB
4m= 62,9 dB	4m= 78 dB	4m= 72,5 dB	4m= 66 dB
8m= 57,9 dB	8m= 72 dB	8m= 67,4 dB	8m= 64 dB

Figura 16: Intensidade sonoras atingidas pelos instrumentos do grupo 1A.



Figura 17: Gráfico da intensidade sonora versus a distância, do grupo 1A

O grupo construiu mais de quatro instrumentos musicais, como visto non gráfico da figura 17, porém, descrevemos somente um de cada nipe. O grupo também somou as intensidades sonoras, usando uma equação logarítmica, como mostra a figura 18.

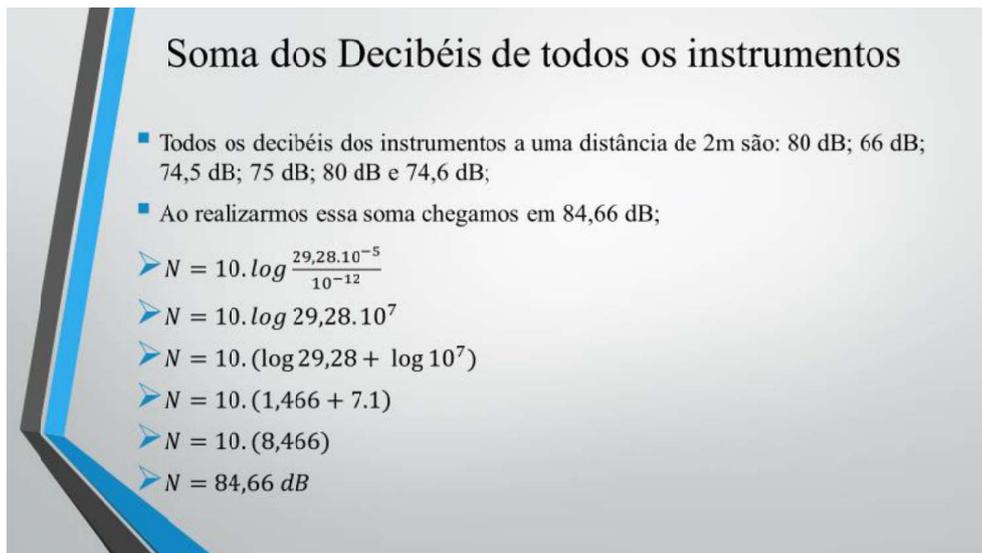


Figura 18: Soma das intensidades sonoras de todos os instrumentos do grupo 1A

O grupo 1A mostrou uma apresentação bem coerente com os instrumentos que eles confeccionaram, representaram as frequências e intensidades através de gráficos e tabelas.

Grupo 1B

O grupo 1B construiu um Cajon, instrumento da família dos idiofones (figura 19). Utilizaram pedaços de madeira, furadeira, serra de madeira, pregos, parafusos e trena. Eles mostram o trabalho em grupo para a construção do Cajon, na imagem abaixo. Em seguida (figura 20) descrevem as frequências obtidas do instrumento.

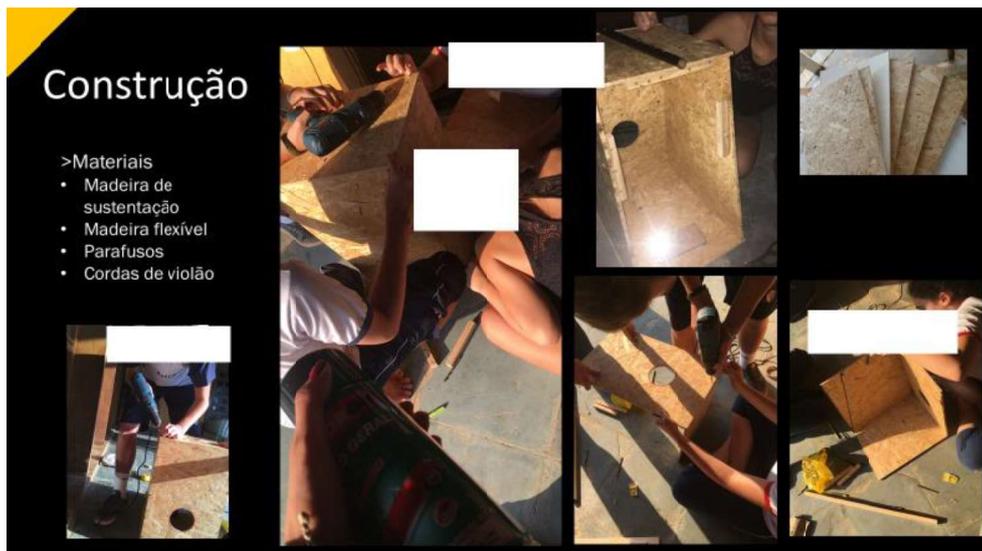


Figura 19: Construção do Cajon do grupo 1B.



Figura 20: Cajon final do grupo 1B com as frequências atingidas.

No grupo dos cordofones, eles produziram uma Cítara (figura 21). Na figura 21 eles mostram parte da construção e materiais utilizados. Em seguida (figura 22), eles descrevem as frequências retirada de cada corda e suas notas musicais.

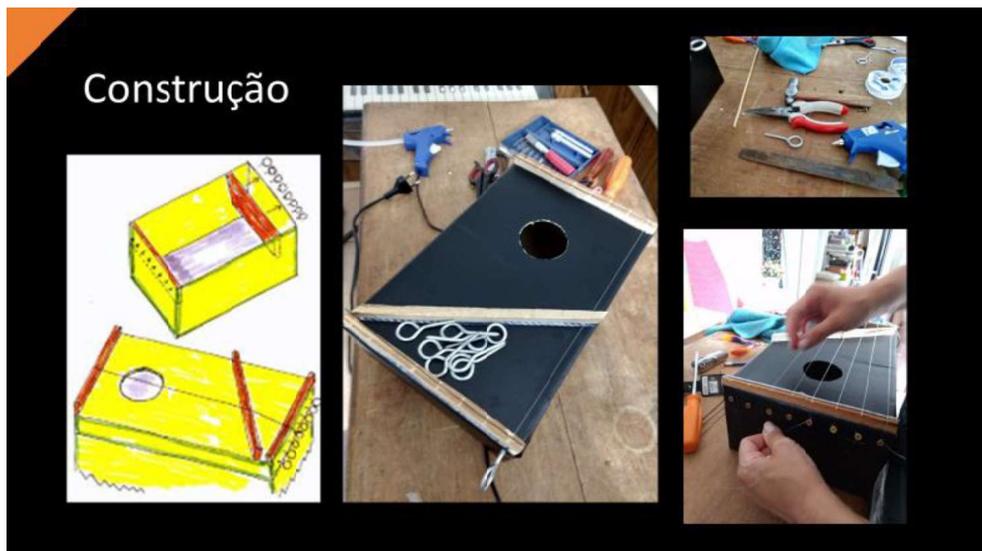


Figura 21: Confeção da citara pelo grupo 1B

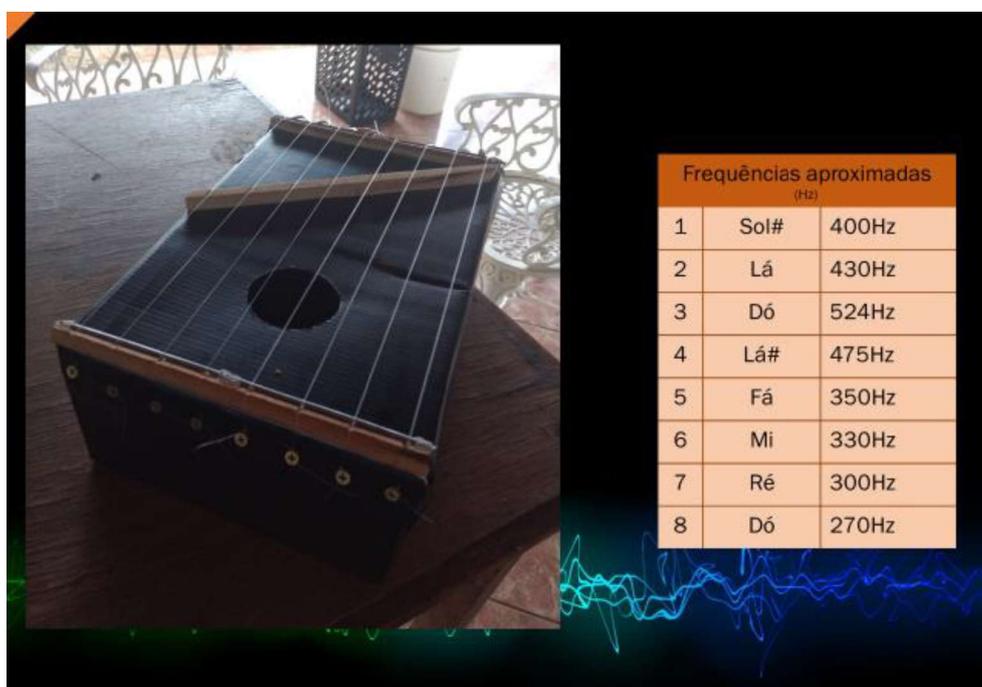


Figura 22: Citara pronta com as frequências atingida por cada corda

Na família dos membranofones construíram um tambor com lada de leite em pó e fita adesiva. Descrevendo em seguida as frequências atingidas pelo instrumento.



Figura 23: Tambor e tabela de frequências do grupo 1B

No instrumento de sopro, da família dos aerofones, eles construíram uma flauta (figura 24), utilizando-se de furadeira, cano de PVC, tinta preta e rolha de cortiça. Na mesma imagem o grupo mostra a tabela de frequência obtida do instrumento e sua nota musical.



Figura 24: Flauta e tabela de frequência do grupo 1B

Construíram um gráfico de intensidade sonora em função da distância para cada instrumento (figura 25). Para coletar os dados utilizaram o aplicativo “*Decibel X – dBA Sonómetro*” e criaram os gráficos no programa do *Windows* o *Excel*.

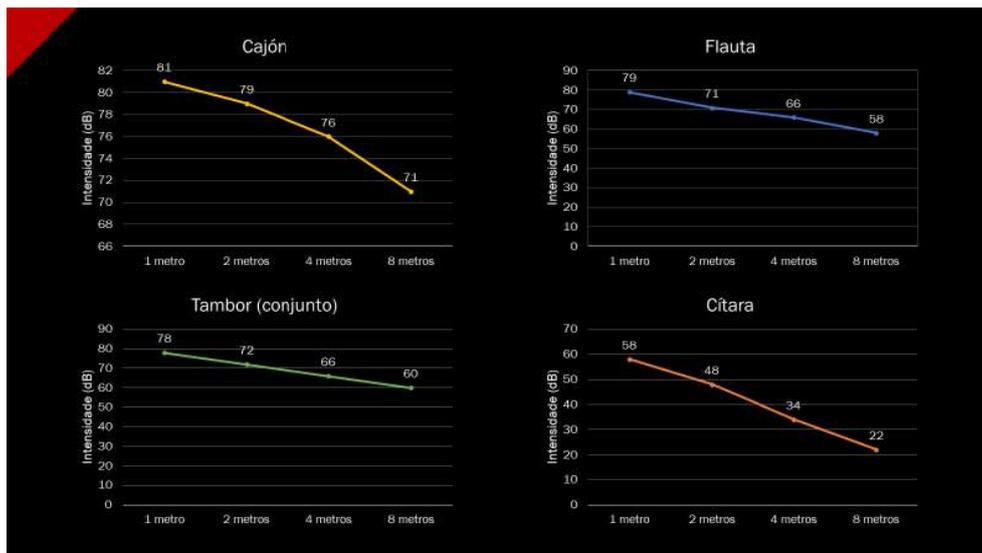


Figura 25: Gráficos das intensidades sonoras em função da distância dos instrumentos do grupo 1B

Grupo 1C

O grupo 1C construiu um tambor, da família dos membranofones, utilizando um aro de bicicleta e fita adesiva (figura 26). Em seguida, através de um gráfico (figura 27), demonstraram a intensidade sonora do instrumento em função da distância. O grupo, em questão, não relatou o aplicativo que eles utilizaram, mas, somente o gráfico.



Figura 26: Tambor confeccionado pelo grupo 1C, sem uma caixa de ressonância.



Figura 27: Gráfico da intensidade sonora em função do espaço, do grupo 1C

O instrumento de sopro confeccionado pelo grupo foi uma flauta de Pan, que é da família dos aerofones (figura 28). Utilizando -se de canos de PVC, rolhas de cortiça, serra e cola quente para sua confecção. Coletaram os dados e construíram gráfico da intensidade sonora em função da distância (figura 28).



Figura 28: Flauta de Pan, confeccionada pelo grupo 1C.



Figura 29: O gráfico de intensidade em função da distância da flauta de Pan do grupo 1C

Como instrumento de corda confeccionaram uma cítara que é da família dos cordofones (figura 30). Utilizaram para confecção uma caixa de sapata, pedaços de madeiras, pregos, cordas de nylon e ferramentas básicas. Os dados da intensidade sonora retirado do instrumento são demonstrada no gráfico da figura 31.



Figura 30: Cítara confeccionada pelo grupo 1C



Figura 31: Gráfico da intensidade sonora em função da distância do grupo 1C.

Na família dos idiofones o grupo construiu duas maracas (figura 32); um tipo de chocalho com suporte. A maraca é um instrumento usado nas tribos indígenas em rituais religiosos feitos, na sua grande maioria, de cabaças. O grupo utilizou embalagem vazia de plástico em formato de ovo, arroz e palito de churrasco. Demonstrou os dados coletados no gráfico da figura 33.

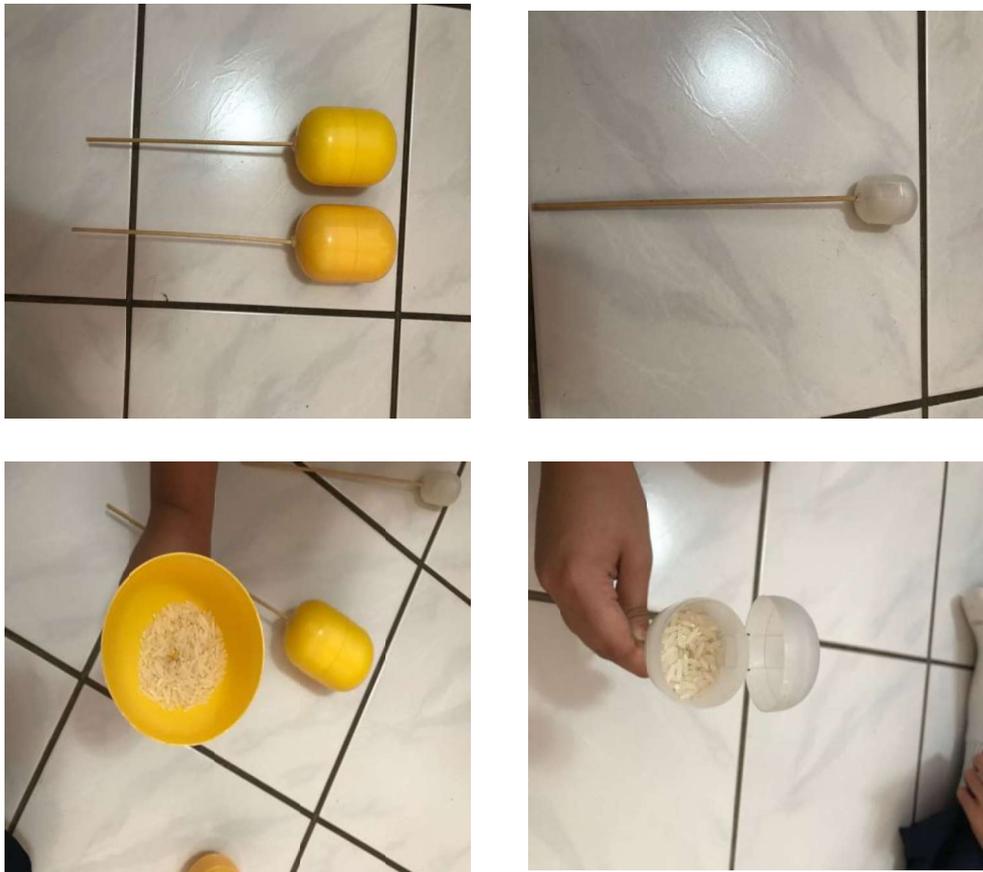


Figura 32: Maracas, instrumento idiofônico confeccionado pelo grupo 1C



Figura 33: Gráfico da intensidade em função da distância do instrumento maracas do grupo 1C

O grupo demonstrou as frequências de todos os instrumentos em uma tabela com mostra a figura 34. Utilizaram dois aplicativos de frequência: *Afinador n-track* e *Frequency Sound Generador App*. Como decibelímetro usaram um aplicativo, o *Decibelímetro Pro*.

FREQUÊNCIAS			
• Cítara	• Chocalho maior	• Tambor	• Flauta de Pã
Dó = 261,7 Hz	2649,9 Hz	Centro:	Dó = 256,2 Hz
Ré = 290,8 Hz		119,8 Hz	Ré = 305,8 Hz
Mi = 320,6 Hz		Borda:	Mi = 333 Hz
Fá = 344,3 Hz		66,4 Hz	Fá = 375,3 Hz
Sol = 353,7 Hz			Sol = 391,9 Hz
Lá = 466,2 Hz			Lá = 438,8 Hz
Si = 488,6 Hz			Si = 507,5 Hz
Dó = 1022,3 Hz			Dó = 551,5 Hz

Figura 34: Frequências obtidas dos instrumentos do grupo 1C.

Grupo 2A

O instrumento a seguir é um Cajon, instrumento de percussão da família dos idiofones. Para fabrica-lo utilizaram um móvel velho e uma esteira de Cajon a qual fica presa no seu interior (figura 36).



Figura 35: móvel usado para a confecção do Cajon com a esteira de vibração, grupo 2A



Figura 36: Esteira instalada no móvel.

A esteira deve ficar esticada no interior do móvel, pois é esta que ajuda na emissão do som. Assim quando a batida é próxima da esteira o som é mais agudo e longe da esteira o som é mais grave. Na face dianteira do móvel fizeram um furo de diâmetro 12 cm (figura 37). Através de um decibelímetro coletaram os dados da intensidade sonora em função da distância (tabela 01), com esses dados plotaram um gráfico (gráfico 12).



Figura 37: Fazendo um furo no móvel e instrumento pronto.

Distância (m)	Nível de intensidade (Db)
1	90
2	80
4	70
8	50

Tabela 1: Dados da intensidade sonora em função da distância do Cajon, grupo 2A

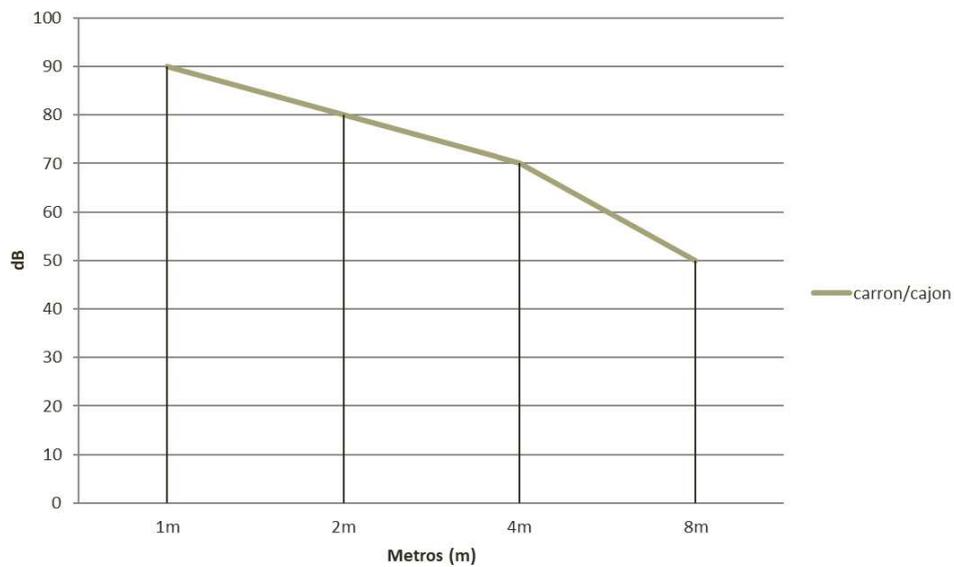


Gráfico 12: Gráfico da intensidade sonora em função da distância, do Cajon. Grupo 2A.

Utilizando de um frequencímetro eles coletaram as frequências e, com o mesmo aplicativo, mostraram o formato das ondas com frequência aguda e grave (figura 38 e 39).



Figura 38: Frequência atingida pelo Cajon, grupo 2A

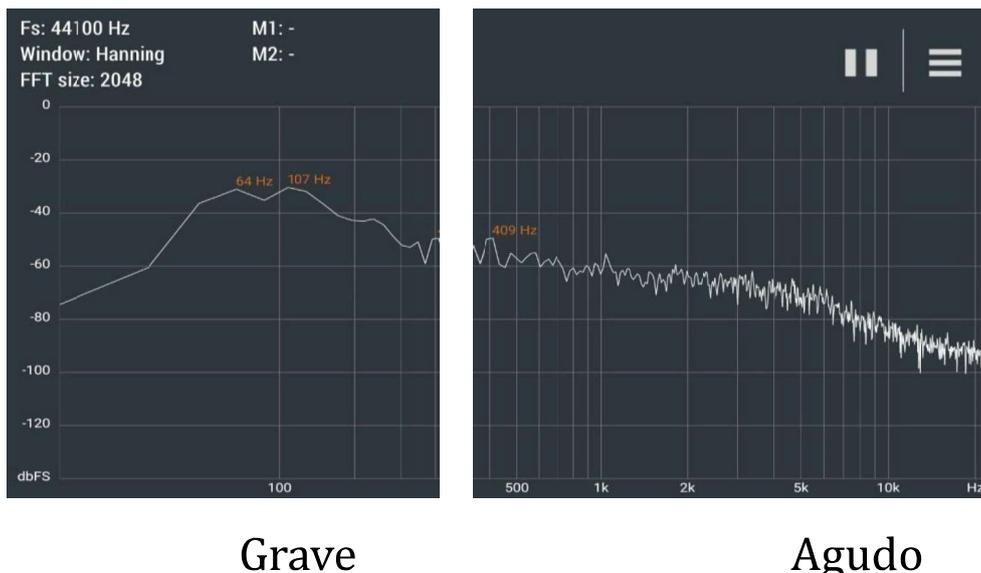


Figura 39: Formato da onda grave e aguda do Cajon, grupo 2A

Na imagem acima, observa-se, claramente, a diferença entre uma onda aguda e uma onda grave, demonstrada na diferença de vibração. Com criatividade e curiosidade, esse grupo surpreendeu na apresentação. Essas ondas foram geradas batendo próximo da esteira e distante da esteira.

Na família dos membranofones, o grupo construiu um pandeiro; um instrumento de percussão. Os materiais utilizados foram: garrafa pet; 4 pedaços de madeira de 16 cm cada; 12 tampinhas coroa metálica; parafuso; grampeador; ferramentas básicas.



Figura 40: Materiais usados pelo grupo 2A, para a confecção do pandeiro

Em duas madeiras foi feito dois cortes de 5 cm de largura, usando uma serra elétrica. E nas outras duas apenas um corte de 5 cm no meio da madeira, como sugere a imagem a seguir.



Figura 41: Fazendo os furos na madeira

Em seguida colaram as madeiras em forma de quadrado, nesse caso a caixa de ressonância. Amassaram as tampinhas com um martelo e furaram o centro delas colocaram um parafuso e instalando-as nas aberturas laterais (figura 42). Para a membrana, escolheram um pedaço de garrafa pet cortada nas mesmas dimensões da caixa, a qual foi pregada com grampeados.



Figura 42: Colocando as tampinhas no pandeiro, grupo 2A



Figura 43: Colando a membrana no pandeiro, Grupo 2A

A seguir a tabela das intensidades sonoras em função das distâncias, coletadas do pandeiro.

Distância (m)	Nível de intensidade (dB)
1	100
2	90
4	80
8	72

Tabela 2: Tabelas dos valores da intensidade sonora em função da distância do pandeiro, grupo 2A

O gráfico gerado com os dados do pandeiro.

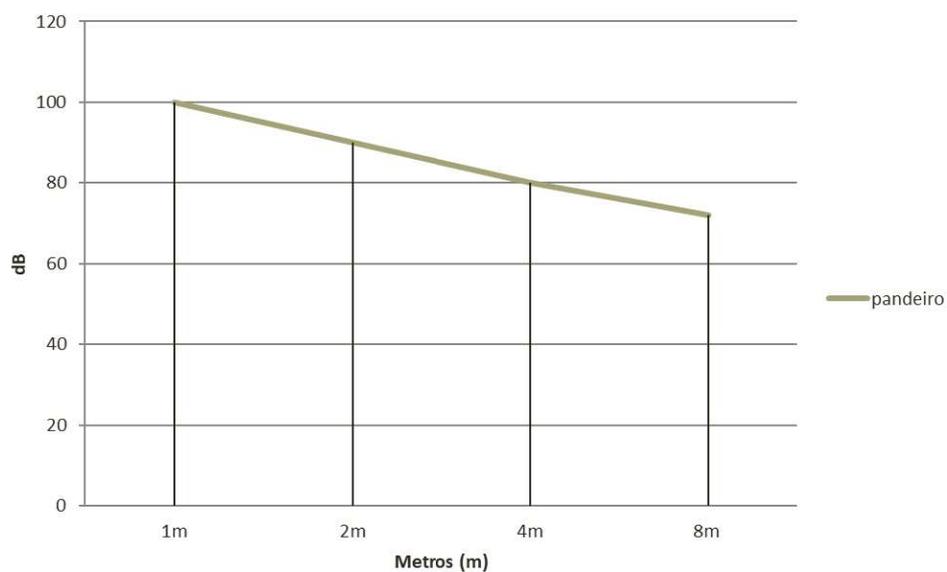


Gráfico 13: Intensidade em função da distância do pandeiro, grupo 2A

O grupo mediu a frequência do pandeiro de duas formas, uma pressionando a membrana, o que gerou um som grave, e a outra com a membrana livre, o que gerou um som agudo. A imagem a seguir mostram as frequências obtidas pelo grupo 2A, a partir do pandeiro.

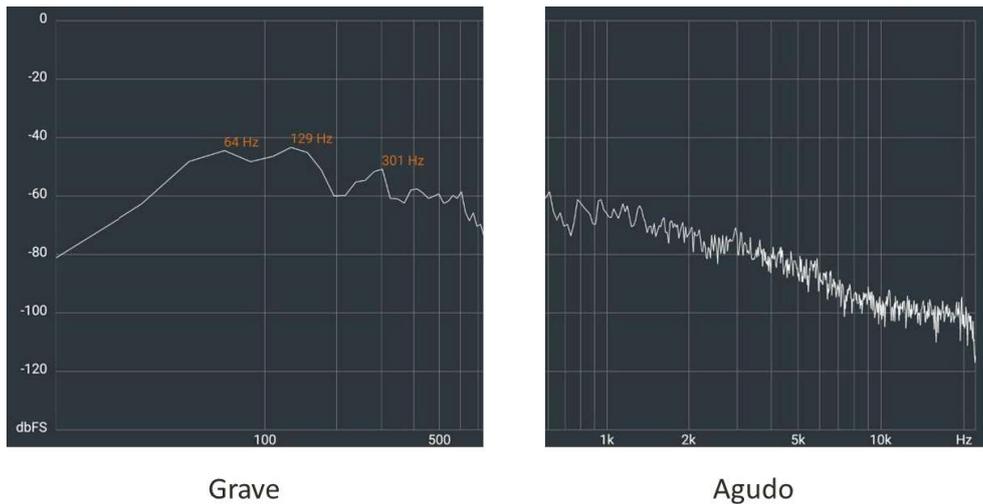


Figura 44: Formato da onda grave e aguda do pandeiro, grupo 2A

Para a família dos aerofones os estudantes confeccionaram uma flauta transversal de PVC. Os materiais utilizados foi: uma furadeira; pedaço de cano de PVC; uma serra de cano; e ferramentas básicas, como demonstrado na figura 45.

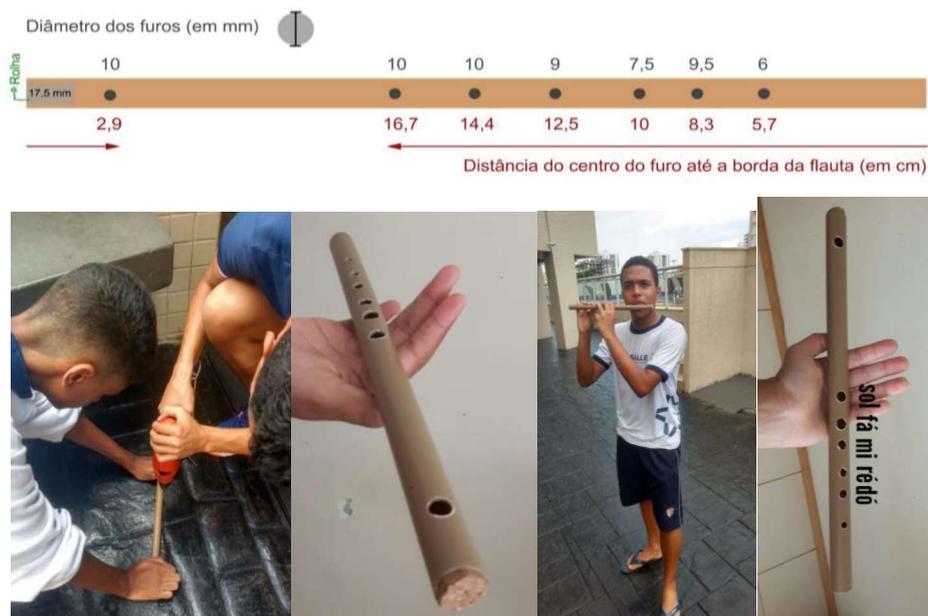


Figura 45: Construção da flauta doce do grupo 2A

Na figura 46 é demonstrada as frequências obtidas da flauta, pelo grupo. Para obter a frequência de cada furo eles tampavam todos os furos e deixava aberto somente o furo a ser analisado.

Flauta transversal

- -> **Frequência e nota musical:**

1. 1º furo: Sol – 246,9 Hz
2. 2º furo: Fá – 789,6 Hz
3. 3º furo: Mi – 586,6 Hz
4. 4º furo: Ré – 586,6 Hz
5. 5ª furo: Dó – 546,3 Hz
6. Todas fechadas: Sí – 494,9 Hz
7. Todas abertas: Lá – 879 Hz

Figura 46: Frequências obtidas da flauta transversal de PVC, grupo 2A

Na família dos cordofones o grupo construiu um violão e os materiais utilizados foram: ripa de madeira 70 cm; ripa de madeira 5 cm; barbante; martelo; parafuso; lata; trena. Seguindo os passos da figura 47; primeiro eles furaram a lata com um prego mais ou menos no meio da lata; pregaram a ripa maior na lata de forma que essa lata vire a caixa de ressonância. Em seguida, no final da ripa, colocaram um parafuso no meio e 2 cm a frente do parafuso colaram a ripa de 5 cm. Passaram o barbante por dentro dos furos e o prenderam no parafuso. Usando um afinador de violão coletaram as frequências. Na figura 48, são apresentadas as frequências, obtidas do violão.



Figura 47: Confeção do violão de duas cordas, grupo 2A

Violão

- -> Frequência e notas musicais:
 1. 196,6 Hz // Sol – G
 2. 329,4 Hz // Mi -E

Figura 48: Frequências do violão de duas cordas, grupo 2A

Em seguida, destacaremos a confecção de três instrumentos, dois de cordas, um baixo e um cavaquinho de cabaça, e um de membrana, o kazoo. O baixo é um instrumento que tem quatro cordas e se destaca por ter frequências graves. Utilizando um garrafão de água mineral, cordas de aço (específica de baixo), parafusos e madeira, o grupo 2C construí o instrumento da família dos cordofones, como mostra a figura 49.



Figura 49: Baixo, confeccionado pelo grupo 2C

O instrumento a seguir foge do convencional e é da família dos membranofones; o Kazoo. Foi confeccionado pelo grupo 2C, usando parte de uma garrafa pet, balão e uma tesoura. Um instrumento simples de fabricar, cota-se a tampa, coloca o balão na boca da garrafa e fecha com a tampa já cortada, como mostra a figura 50.



Figura 50: Kazoo, confeccionado pelo grupo 2C

O próximo instrumento é um cavaquinho de cabaça e os materiais utilizados para fabricá-lo foram: uma cabaça; uma serra de cano; madeira (MDF); cordas de violão; parafusos.

Primeiro passo, foi cortado a cabaça ao meio (figura 51).



Figura 51: Corte da cabaça, para a confecção do cavaquinho, grupo 1E

2º passo, com a serra, corta-se o braço do cavaquinho, usando um modelo comercial e corta um tampão para uma das partes da cabaça. No meio do tampão faz um furo de 8 cm de diâmetro.



Figura 52: braço e corpo do cavaquinho, grupo 1E

3º passo, faz as marcações dos fulcros e usando uma talhadeira faz-se os cortes. Depois coloca os parafusos e um pedaço de madeira que encaixe no terceiro fulcro para dá suporte as cordas.



Figura 53: Fazendo os fulcros no cavaquinho, grupo 1E

4º passo, fizeram acabamentos finos, lixaram e envernizaram.



Figura 54: Acabamentos finos no cavaquinho, grupo 1E

5º passo, colocaram as cordas.



Figura 55: Colocando as cordas do cavaquinho, grupo 1E

6º e último passo, afinaram o cavaquinho.



Figura 56: Cavaquinho pronto, grupo 1E

O objetivo dessa etapa, para os estudantes, era confeccionar os instrumentos, pelo menos um de cada nipe. Todos os grupos construíram instrumentos musicais dos quatro nipes: cordofones; idiofones; membranofones; aerofones. Demonstraram as frequências dos instrumentos em uma tabela utilizando frequencímetros Além das frequências os grupos tinham que registrar a intensidade sonora de cada instrumento em determinadas distâncias, onde sugerimos distâncias de 1 m, 2 m, 4 m e 8 m. Onde tiveram que pesquisar decibelímetros a partir de aplicativos.

5.4 Análise de trecho das redações proposta para os estudantes com o tema poluição sonora.

Uma das formas de avaliação que utilizamos nesta proposta foi a redação com tema específico: poluição sonora. Queríamos analisar como os estudantes estavam aplicando os conceitos de acústica, adquiridos no projeto Banda Sustentável. Para obter essas informações optamos por uma questão aberta, a redação, o qual eles deveriam descrever, de forma livre, uma abordagem relacionada a poluição sonora, problema esse relacionado as grandes cidades.

Nesta seção analisaremos trechos das redações de alguns estudantes, com o intuito de obter informações de conceitos físicos relacionando ao som aplicados de forma correta. Nosso intuito é de analisar trechos que aborde conceitos físicos que possam ser discutidos

e analisados. Vamos identificar os alunos com um número inicial e a primeira letra do nome.

A poluição sonora é um problema real da vida das pessoas nas grandes cidades. Como relata a aluna 1M (figura 57), em um trecho da sua redação

Figura 57: Redação da aluna 1M, trecho 1

1M: *Os centros urbanos estão cada vez mais cheios de ruídos (sons desagradáveis com grande altura -agudo/grave e intensidade) e isso pode gerar ...*

Nesse trecho a aluna 1A, define corretamente ruídos o qual representa sons desagradáveis ou segundo Grillo (2016), sons sem harmonias. Em seguida ela descreve frequência explicando que são sons graves e agudos. Em um segundo trecho ela aborda intensidade sonora (figura 58), apesar de usar o termo alto para intensidade ela justifica relatando a unidade correta, ficando claro o que a aluna queria dizer, ou seja som forte.

Figura 58: Redação da aluna 1M, trecho 2

Em outro trecho a aluna 2A (figura 59) comenta sobre a lei do silêncio,

1M: *Já existem leis que promovem redução da poluição sonora,*

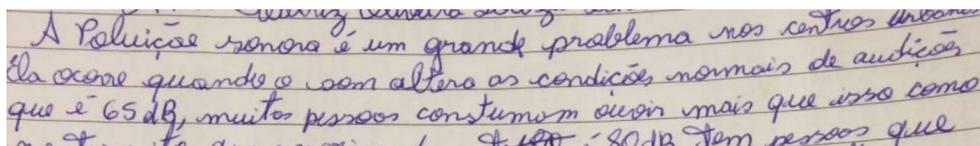
A lei N° 9.341 do estado de Minas Gerais, relata sobre condições básicas de proteção ambiental contra a poluição sonora, outras leis estão em andamento, como a lei do silêncio que, hoje, encontra-se parada no Senado Federal.

Figura 59: Redação da aluna 2A, trecho 01

Em um segundo trecho, da mesma aluna (figura 60), ela utiliza, corretamente, as unidades de intensidade sonora “dB”. Quando a aluna 2A, escreve:

... pessoas costumam **ouvir mais que** isso...

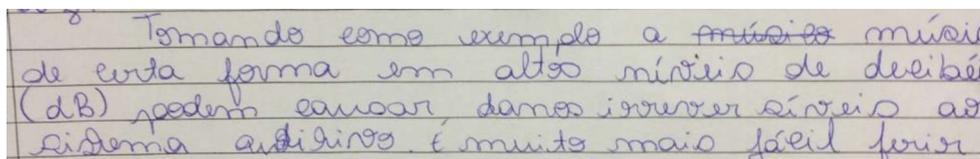
Nesse trecho, pode-se inferir que esse *mais* tem sinônimo de intensidade, com relação ao valor de 65 dB, usando corretamente a linguagem técnica, onde, normalmente, se ouve no cotidiano as pessoas usarem alto ou baixo, o que é sinônimo de frequência e não intensidade sonora.



A Poluição sonora é um grande problema nos centros urbanos. Ela ocorre quando se vem altera as condições normais de audição que é 65 dB, muitos pessoas costumam ouvir mais que isso como no exemplo de uma cidade: 80 dB. Tem pessoas que

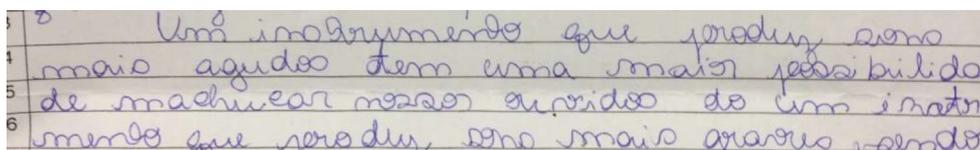
Figura 60: Redação da aluna 2A, trecho 02

O estudante 3D escreve (figura 61) altos níveis de decibéis, esse termo está usado de forma correta e ele afirma descrevendo as unidades em seguida. Em outro trecho o aluno 3D (figura 62), retrata sobre a perda auditiva vinculado a altura sonora, usando os termos agudo e grave, de forma correta.



Tomando como exemplo a música música de esta forma em altos níveis de decibéis (dB) podem causar danos irreversíveis ao sistema auditivo. É muito mais fácil ferir

Figura 61: Redação do aluno 3D, trecho 01



Um instrumento que produz som mais agudo tem uma maior possibilidade de machucar nossos ouvidos do que um instrumento que produz som mais grave sendo

Figura 62: Redação do aluno 3D, trecho 02

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, em síntese, considerando a perspectiva freiriana, construímos uma sequência didática, e analisamos sua eficácia através de métodos qualitativos, tendo em vista a aprendizagem de conceitos de acústicas. Observamos na aplicação deste algumas habilidades demonstradas pelos estudantes são elas: compreende e aplica os conceitos de acústica; articula os saberes adquiridos e aplica de forma prática; age com autonomia diante de diferentes situações que são propostas; resolve problemas com autonomia e reflexão; aplica conceitos físicos através da confecção dos instrumentos musicais; essas habilidades foram demonstrada nas avaliações dos alunos, onde, parte delas, foram demonstrada nesta dissertação.

Na seção 5, analisamos, de forma qualitativa, as avaliações dos estudantes através do teste objetivo e nas questões abertas. Foi possível constatar que no teste objetivo os estudantes conseguiram um aproveitamento acima de sessenta por cento, tendo pouquíssimos erros, mesmos nas questões que exigiam mais interpretação. Na primeira questão aberta, vemos que fica claro os indícios que os alunos descrevem a respeito da motivação usando termos que sugerem essa interpretação.

Na segunda questão aberta, a redação, os alunos demonstraram saber aplicar e relacionar os conceitos adquiridos em acústica em seu social, utilizando um tema de problema ambiental. De forma crítica e reflexiva discutiram o tema descrevendo os problemas e apontando algumas soluções. Outra constatação foi a mudança nas aulas normais, onde, visivelmente, eles estavam motivados, visto que estavam questionando e participando mais, além de fazerem demonstração dos conceitos aprendidos, com o projeto, em sala de aula.

Outro fator importante analisado foi a construção dos gráficos e tabelas, em que o aluno, para construí-los, precisou demonstrar conhecimento em utilizar os instrumentos de medida (frequencímetro e decibelímetro), tanto na aplicação quanto na pesquisa. Também demonstraram conhecimento na confecção de gráficos e tabelas, em alguns momentos relacionando-os.

Além desses resultados, presumo que para fins de uma avaliação qualitativa, meu testemunho pessoal, como professor, na interação com os alunos, guarde certa

importância. Ministrava o mesmo assunto em dois períodos com turmas do mesmo ano, mas em escolas diferentes. Era-me transparente a motivação entre os alunos da turma em que aplicava a sequência didática. O que corrobora à constatação, conduzida no capítulo 5, da importância e viabilidade do Produto apresentado.

Vale ainda ressaltar que o contexto sócio-ambiental-cultural do projeto, um outro elemento tipicamente freiriano desse trabalho, se inicia na escolha dos materiais, sendo estes de natureza sustentável. Esse processo continua na resolução de problemas interpessoais, pois a proposta é trabalhada em grupo, exigindo a participação de todos os envolvidos, incluindo a interação com professores de outras áreas.

Alguns aspectos desse trabalho podem ainda ser analisados quantitativamente, por exemplo, ao se considerar a eficácia de aprendizagem do Produto. Do mesmo modo, esta sequência é passível de generalização para outras áreas como a óptica e a mecânica. Estes aspectos serão abordados em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, R. G. G. et al. *Física e Música: Uma Proposta Interdisciplinar*. Revista Amazônica de Ensino de Ciências. v. 5. p. 101-112, 2012.

ARAÚJO, E. A. C. et al. *Teoria da Resposta ao Item*. Revista da Escola de Enfermagem da USP (Impresso), v. 43, p. 1000-1008, 2009.

BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P.. *Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 31, p. 30-59, 2014.

BARRELO J. N.. *Promovendo a argumentação em sala de aula de física moderna e contemporânea - uma sequência de ensino investigativa e as interações professor-alunos*. 2015. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BARROS, M. D. M.; ZANELLA, P.G.; ARAÚJO J. T. C.. *A música pode ser uma estratégia para o ensino de Ciências Naturais? Analisando concepções de professores da educação básica*. Revista Ensaio. v. 15. n. 01. p. 81-94, 2013.

BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A. *O Ensino da Física do Som Baseado em Investigações*. Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, MG, v. 27, n.2, p. 1-23, 2006.

BRASIL. *Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. 1996.

_____. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. 2009.

_____. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: arte / Secretaria de Educação Fundamental*. – Brasília : MEC/SEF, 1997. 130p. 1. Parâmetros curriculares nacionais.

GADOTTI, M.. *A escola e o professor: Paulo Freire e a paixão de ensinar*. 1 ed. São Paulo: Publisher Brasil, 2007.

GRILLO, M. L. N.; BAPTISTA, L. R. P. L. (Org.). *Física e Música*. v. 1, 1. ed., 120p.. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

CATELLI, F.; MUSSATTO, G. A.. *As frequências naturais de uma corda de instrumento musical a partir de seus parâmetros geométricos e físicos*. Rev. Bra. Ens. Fís. (online). v. 36, p. 2304-1-2304-6, 2014.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.. *Uma oficina de Física Moderna que vise a sua inserção no ensino médio*. Cad. Cat. Ens. Fís., v. 18, n. 3, p. 298-316, 2001

COELHO, A. L. M. B.; POLITO, A. M. M.. *Proposta de sequência didática aplicando um monocórdio e o uso de elementos musicais perceptuais como estruturantes para o ensino de conceitos de física ondulatória*. Physicae Organum: Revista dos estudantes de física da universidade de Brasília. v. 2. p. 1-17, 2016.

DEMO, P.. *Teoria e Prática da Avaliação Qualitativa*. In: 2o Congresso Internacional sobre Avaliação na Educação, 2004, Pinhais/PR. 2o Congresso Internacional sobre Avaliação na Educação. Curitiba: Futuro Congresso e Eventos, 2004. v. 1. p. 156-166.

FREIRE, P.. *Pedagogia do Oprimido*; 59ª ed. revisada e atual. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015.

FREIRE, P.. *Pedagogia dos Sonhos Possíveis*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2014.

GRILLO, M. L. N. (Org.); PEREZ, L. R. (Org.). *Física e Música*. 1ª ed. v. 1, 120p.. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

GOTO, M.. *Física e Música em Consonância*. Rev. Bras. Ens. Fis. v. 31. n. 2. p. 2307.1-2307.8, 2009.

GUEDES, A. G.. *Estudo de ondas estacionárias em uma corda com a utilização de um aplicativo gratuito para smartphones*. Rev. Bras. Ens. Fís. (online). V. 37. n.2. p. 2502-1-2502-5, 2015.

HÜMMELGEN, I. A.. *O clarinete: uma Introdução à Análise Física do Instrumento*. Cad. Cat. Ens. Fis. v.13. n.2. p.139-153, 1996.

MELO, R.. *A utilização das TIC's no processo de Ensino e Aprendizagem da Física*. 3º Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação (Anais Eletrônicos). UFPE, Núcleo de Estudos de Hipertexto e Tecnologias na Educação, 2010.

MONTEIRO J. F. N.; CARVALHO, W. L. P.. *O ensino de acústica nos livros didáticos de física recomendados pelo PNLEM: análise das ligações entre a física e o mundo do som e da música*. Holos, Natal (online), v. 1, p. 137-154, 2011.

MORAIS, P. C.; FERNANDES, J. A.. *Construção, leitura e interpretação de gráficos estatísticos por alunos do 9º ano escolaridade*. Educ. Matem. Pesq., São Paulo, v.13, n.1, pp. 95-115, 2011

OLIVEIRA, M. M.. *Como fazer Pesquisa Qualitativa*. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

ORQUESTRA LANDFILL HARMONIC, disponível em:

<http://www.landfillharmonicmovie.com/>. Acesso em 21 de jan. de 2018.

PEREIRA, R. M.. *Abordagem Ativa da Acústica no Ensino Médio com a Confeção de Artefatos Musicais pelos estudantes*. 84 p. Dissertação de Mestrado (MPEF), UFSCar. São Paulo, 2013.

SANTOS, W. L. P.. *Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica*. Ciência & Ensino (UNICAMP. Impresso), v. 1, p. 1-12, 2007.

VIEIRA L. P.; AGUIAR C. E.. *Mecânica com o acelerômetro de smartphones e tablets*. A Física na Escola (Online), v. 14, p. 8-14, 2016.

ZANETIC, J.. *Física e Arte: uma ponte entre duas culturas*. Pro-Posições, v. 17, n. 1 (49) - jan./abr, 2006.

WALVY, O. W. C.. *As situações-problema como facilitadoras para a aprendizagem de conceitos físicos no ensino médio*. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Rio de Janeiro: SBF, 2005.

Apêndice A: Produto Educacional

1. INTRODUÇÃO

No decorrer das últimas décadas, a importância da contextualização sociocultural de temas ministrados em sala de aula passou a ter um conteúdo paradigmático e assim compreender e aplicar se torna necessário na aprendizagem do estudante. Criar um elo entre os conceitos vistos em sala de aula e sua aplicação no cotidiano do estudante através de uma situação específica é tema de amplos debates (ZANETIC, 2006; Freire, 2014, 2015). Esse tipo de educação promove a independência do estudante, quanto a sua aprendizagem, e o torna responsável em parte pelo menos pelo conhecimento que adquire. Em outras palavras, a educação dialógica, problematizadora e contextualizada leva o estudante à condição de um ser ativo e autônomo no processo dos seus estudos e aquisição de conhecimento (Freire, 2015).

Em geral, se reconhece que promover um tema que relacione o conteúdo de sala de aula com o cotidiano torna a aprendizagem, de qualquer assunto, mais atraente e estimulante ao estudante (COELHO e POLITO, 2016; GRILLO, 2016; BARROS e ZANELLA, 2013; PEREIRA, 2013; AMORIM et al, 2012; GOTO, 2009; ZANETIC, 2006;). E em específico, a física, a ciência do movimento, a essa condição não escapa, e, portanto, não pode ser uma disciplina, somente, de sala de aula com equações abstratas e sem ligação com a vida fora da escola.

Aqui, tendo esta perspectiva de ensino e aprendizagem em mente, propomos o uso da música como tema de ligação entre teoria, física e cotidiano, levando em conta uma interação interdisciplinar com a arte (COELHO e POLITO, 2016; GRILLO, 2016; BARROS e ZANELLA, 2013; PEREIRA, 2013; AMORIM et al, 2012; GOTO, 2009; ZANETIC, 2006;).

A música está ligada a cultura e tradições desde os primórdios da humanidade, quase como uma linguagem universal, a qual, muitas vezes, não se conhece a língua que foi escrita, mas, pela melodia, conseguimos ouvir e despertar sentimento e emoções. Ela se encontra nas festas religiosas, teatros, em *shows* e nesse contexto também chamou a atenção dos filósofos, cientistas e matemáticos fazendo parte do contexto científico (GRILLO, 2016).

Segundo Grillo (2016), a música sempre teve destaque na ciência, mas a sofisticação matemática, aplicada em seus conceitos, teve um avanço no século XV devido a uma mudança epistemológica, oriunda da experimentação e modelos matemáticos. A acústica não se originou com o estudo das ondas, mas, sim, com o estudo da música. A ciência das ondas sonoras teve seu avanço com a teoria ondulatória de Huygens (1629-1686), (GRILLO, 2016).

As melodias são compostas por conceitos matemáticos e físicos, os quais não são observados ao apreciar uma música, mas a beleza da música ocorre por causa da harmonia de suas variadas notas musicais, que nada mais são do que frequências sonoras divididas em intervalos acústicos propagados por ondas sonoras (GRILLO, 2016, CATELLI e MUSSATTO, 2014; AMORIM et al, 2012). Essas ondas sonoras são emitidas e propagadas por instrumentos musicais que proporcionam diversos tons e intensidade sonora. Os instrumentos musicais são construídos baseado numa engenharia matemática, nem sempre sofisticada, mas bem elaborada, com o propósito de agradar os ouvidos mais aguçados.

Construímos, então, uma sequência didática onde o professor orientará os estudantes a confeccionar instrumentos musicais, para utilizá-los em uma banda musical. Nesse contexto, os estudantes devem pesquisar, demonstrar e aplicar os conceitos de física e arte, que certamente extrapolarão a estrutura fechada da sala de aula. Um outro aspecto que decorre em paralelo no processo é a sociabilidade adquirida pelo trabalho em conjunto e, também, problemas de natureza social, pois para a viabilização do projeto a criatividade com material de baixo custo deve ser explorada ao máximo, o que aponta para a reflexão de problemas de natureza ambiental, como a reciclagem de material descartável.

O professor desempenha um papel relevante nessa proposta, mesmo tendo o estudante como foco principal. Ele conduz o estudante a perceber que o conhecimento não é algo estático e fracionado, mas, sim, uma junção entre sua vida dentro da escola e fora dela, onde, na visão de Paulo Freire, deve haver uma colaboração, uma união e uma organização dentro de um contexto social (FREIRE, 2015). Nesse caso o estudante não pode ser visto como um recipiente vazio, onde se deposita conhecimento, pelo contrário,

ele é um elemento ativo no processo de conhecimento cultural e pedagógico, onde, esse deve ocorrer de forma dialógica, proporcionando uma práxis educativa (FREIRE, 2015)

Os estudantes que tem a oportunidade de vivenciar estas experiências conseguem atingir uma qualidade de aprendizado significativa o que pode ser demonstrada através de avaliações, debates e testemunhos dos próprios (Estes resultados foram analisados na dissertação, na qual este texto é o produto didático.).

Especificamente, o objetivo principal aqui é tratar, nessa perspectiva dialógica, elementos de acústica e ondas, conduzindo o estudante a aplicar, analisar e avaliar, através desta proposta, conceitos como frequência, timbre e intensidade sonora. Esses conceitos são, então, associados com a música: um produto cultural que permeia as relações sociais dos jovens estudantes (FREIRE, 2015).

O professor, nesse modelo didático, passa a ser um orientador e mediador entre a experiência social que os estudantes vivenciam e os conteúdos físicos que serão ministrados. É importante ressaltar que este projeto foi aplicado no contraturno. Desse modo, no horário regular de aula o conteúdo é ministrado normalmente, mas com um diferencial: a aula fica mais rica e proveitosa, uma vez que os estudantes demonstram mais interesse e participação citando exemplos, apresentando questionamentos e mostrando aplicação dos conceitos acústicos, estes vistos e aplicados no projeto.

Este projeto foi aplicado as turmas da segunda série do ensino médio em uma escola privada do Distrito Federal, as quais eram compostas, em média, de 46 estudantes por sala. Os mesmos tiveram a oportunidade de montar uma banda musical, utilizando os instrumentos musicais confeccionados. Esses instrumentos foram, em boa parte, elaborados a partir de materiais recicláveis, o que suscitou discussões sobre cultura e meio ambiente, além de viabilizar economicamente o projeto. Integrando o desenho das atividades propostas com aquelas associadas aos dos professores de música, os estudantes tiveram, como tarefa adicional, que compor uma música autoral e registrá-la na escrita de cifras musicais.

Ao todo foram seis encontros, sendo que no último ocorreu uma apresentação final do projeto. Essa apresentação teve dois momentos, o primeiro foi um seminário envolvendo a parte teórica. Nesse caso, os estudantes apresentam gráficos e tabelas com

valores obtidos de frequência sonora, intensidade sonora entre outros, assim como curiosidade em relação ao instrumento e sua historicidade. Em um segundo momento, os estudantes apresentam os instrumentos musicais, finalizados, e a música tocando na banda musical que envolve todo o grupo.

Em todos os encontros os estudantes são avaliados, e isso ocorre através da discussão entre professor e aluno. Muitos dos estudantes confeccionaram os instrumentos em casa e, para serem avaliados, levavam parte dos instrumentos para mostrarem a evolução do projeto, nos encontros propostos.

2. A PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Propomos que seja dividido em seis encontros/aulas, nossos encontros eram no contraturno, assim usávamos 4 horas aulas para trabalhar com os estudantes. Eram cinco turmas com 1 (uma) hora aula para cada uma, em média. Esses encontros eram realizados nas quintas feiras a tarde. Os grupos, previamente divididos, eram de 6 a 8 estudantes.

A proposta ficou assim dividida:

- 1º encontro: Objetivos e métodos: Apresentação da proposta ao estudantes e orientação do projeto através de conceitos de arte e física.
- 2º encontro: Materiais e procedimentos: Orientação e avaliação das ideias dos estudantes.
- 3º encontro: Qualidades Fisiológica do som: Aula expositiva com tabelas, gráficos e aplicativos. Orientação e avaliação da confecção dos instrumentos.
- 4º encontro: Instrumentos Musicais: Orientação e avaliação da confecção dos instrumentos.
- 5º encontro: Apresentação – 1ª Parte: Orientação e avaliação da confecção dos instrumentos.
- 6º encontro: Apresentação – 2ª Parte: Apresentação do seminário e da banda musical.

Falaremos de termos e conceitos, que muitas vezes, não são do cotidiano de um professor de física por isso colocamos, no tópico 6, alguns textos de apoio ao professor.

Nessa proposta abordaremos os grupos de instrumentos usados em uma orquestra, que são chamados de Nipes e assim classificados: cordofones, idiofones, membranofone e aerofones. No texto de apoio ao professor abordamos os Nipes de forma simples e usamos como exemplos os instrumentos confeccionados pelos estudantes.

Também adicionamos uma demonstração matemática, nos textos de apoio, usando as equações físicas da acústica, de afinação de instrumentos musicais de corda, os cordofones. Uma forma matemática de demonstrar conceitos físicos, onde o professor poderá interagir com os estudantes usando algum instrumento musical de corda, de forma prática, e a equação matemática, como parte teórica.

O professor nessa proposta é um orientador, dessa forma, os estudantes têm que pesquisar e confeccionar os instrumentos de forma independente, porém o professor deve orienta-los, nesse princípio disponibilizamos algumas bibliografias que podem ajudar o professor.

2.1. Primeiro encontro: objetivos e métodos

Nesta aula, se possível, recomendamos um espaço maior, que comporte ao menos duas turmas, por ser mais teórico, juntamos duas turmas e explicamos, em duas horas aulas, a proposta do trabalho. Neste mesmo momento, aproveitamos para explicar alguns conceitos de física e arte aplicada na música.

Nesta apresentação usamos um *data show* e uma apresentação em *slides*, simples, para apresentar os tópicos aos estudantes. Em seguida colocamos a sequência de tópicos apresentada no primeiro encontro e explicamos, de forma sucinta, o que fizemos após cada tópico.

TÓPICO 10. Instrumentos musicais

Neste momento, sugerimos, a explicação dos 4 Nipes (cordofones, aerofones, ideofones e membranofones) que serão confeccionados nesta proposta, assim, segue orientações nos textos de apoio ao professor. Após esta explicação tem-se a formação dos grupos para o trabalho, optamos em ceder alguns minutos da apresentação para essa escolha.

Na confecção dos instrumentos, o professor deve deixar claro, para o estudante, que eles podem construir mais de um instrumento, porém tem que ter um, pelo menos, de cada Nipe. Nesta apresentação o professor, como motivação, pode usar um vídeo da Orquestra Landfill Harmonic², uma orquestra do Paraguai, onde os jovens músicos tocam instrumentos criados a partir de lixo. Vale a pena falar dessa orquestra e mostrar como

² Site oficial da Orquestra Landfill Harmonic: <http://www.landfillharmonicmovie.com/>, nesse site encontra-se toda a historia da orquestra além de vídeos oficiais da orquestra.

eles superaram a situação de miséria tocando música a partir de instrumentos musicais confeccionados a partir do lixo.

Logo abaixo segue algumas imagens de instrumentos produzidos e usados na Orquestra Landfill Harmonic. No site oficial pode encontrar mais imagens de instrumentos e toda a história dessa orquestra.

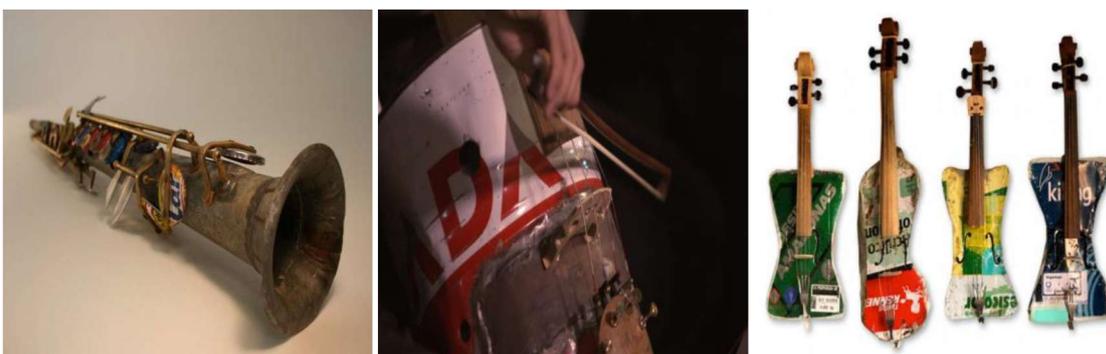


Figura 63: Instrumentos confeccionados pela Orquestra Landfill Harmonic

TÓPICO 11. Materiais para a produção dos instrumentos.

Explicamos para os estudantes os tipos de materiais que eles devem utilizar, os renováveis e reciclados, porém deixamos aberto o uso de materiais industriais de cunho técnico, pois tem instrumento que exigem materiais com especificidades técnicas que não são fáceis de encontrar, assim esses eles poderiam comprar. Recomendamos uma breve discussão sobre materiais recicláveis e o meio ambiente, onde, essa discussão, pode ser estendida para os próximos encontros.

TÓPICO 12. Origem de cada instrumento

Sugerir ao estudante pesquisar e apresentar sobre a história de cada instrumento musical, por eles confeccionados, onde e como surgiu esses instrumentos, curiosidade, processos de produção e etc.

TÓPICO 13. Produção dos instrumentos.

Essa é uma parte importante, pois sugerimos que os estudantes sejam avaliados em todos os encontros, por tanto, precisa ficar claro que eles precisam mostrar todo o processo de produção dos instrumentos.

Os estudantes poderão confeccionar os instrumentos nos encontros, mas a maioria produz em casa, assim, recomendamos, que a avaliação seja feita com relatos e discussões. Para isso eles devem levar parte dos instrumentos, se possível, para essa discussão. Não sendo viável o grupo levar parte do instrumento eles podem levar vídeos ou fotos do processo de construção, pois é no processo de confecção e produção do projeto que o professor vai orientá-los. Nessa orientação o professor pode sugerir mudanças e/ou mecanismos para eles poderem afinar o instrumento entre outros problemas que possam surgir.

TÓPICO 14. Dados físicos

Sugerir ao grupo colocar e explicar a metodologia usada, na construção dos instrumentos musicais, na apresentação final do projeto. Explicando e relatando as escolhas de materiais, como tipo de caixa acústica, método de afinação entre outros. Alguns dados não são opcionais devem fazer parte do processo e do seminário, como as frequências atingidas pelos instrumentos e as intensidades sonoras relacionando-as com distância.

Recomendar aos estudantes o uso de frequencímetro e decibelímetro para coleta dos dados físicos. Esses instrumentos, a maioria, são gratuitos e, facilmente, encontrados em lojas virtuais de aplicativos de *smartphones*. O professor deve orientar os estudantes a pesquisar esses aplicativos, caso eles tenham dificuldade na pesquisa ou no uso, o professor pode orientar.

Esses aplicativos são fáceis de usar e não tivemos problemas nessa parte, porém uma dificuldade que pode ocorrer é nas coletas dos dados da intensidade sonora, em instrumentos de corda e sopro. Recomendamos nos instrumentos de corda usar, somente, uma corda, dedilhando-a isoladamente. Nos instrumentos de sopro pressionar todos os furos mantendo apenas 1 e analisar apenas este.

TÓPICO 15. Gráficos e tabelas

Os estudantes têm que usar gráficos e tabelas para apresentar os dados coletados. Esse tópico é ministrado no 3º encontro, onde o professor vai sugerir formas de coletas de dados e processos de análises. Usamos para fazer os gráficos o *Excel* do *Windows*, porém alguns aplicativos geram gráficos automático, e, até mesmo, o formato das ondas.

TÓPICO 16. Apresentação da banda.

Na apresentação final os estudantes devem compor uma música, de tema livre, desde que não ofenda ninguém, e, esta, deve ser apresentada com todos os componentes do grupo, onde, para a harmonia, devem usar os instrumentos musicais produzido por eles.

Sugerimos pouco rigor na análise desse momento, no quesito harmonia e afinação, pois nem todos os estudantes tem conhecimento musical. Sugerimos, também, que o professor autorize o uso de instrumentos musicais próprios para estudantes que já fazem uso desses, pois ajuda na harmonia da apresentação, porém, os instrumentos próprios, não podem se sobrepor em relação aos instrumentos confeccionados

TÓPICO 17. Seminário

No sexto encontro, o grupo deverá preparar uma apresentação com slides e com o produto final, onde esses serão apresentado e demonstrado para os professores. Será avaliado a criatividade, processo de produção, tabelas, gráficos e os dados extras que os estudantes colocarem. Lembrando que esta avaliação não é o fim, mas parte de um processo, pois a proposta é avaliar de forma qualitativa os estudantes em todos os encontros.

TÓPICO 18. Apresentação na noite do destaque

A noite do destaque é um grande evento da escola, onde, na presença da comunidade escolar, homenageamos professores e estudantes. De forma lúdica, a escola apresenta todos os projetos desenvolvidos no decorrer do ano letivo. Essa apresentação ocorre no modelo de programa de auditório com uma apresentadora, normalmente a supervisora escolar, e uma banda musical. Essas bandas musicais são formadas de alunos da escolas e/ou ex alunos que já tem banda musical. Nesse momento também colocamos algumas bandas musicais do projeto Banda Musical Sustentável para apresentar. Escolhemos as bandas que se destacaram em harmonia e afinação.

Sugerimos ao professor escolher um momento, diferente do momento avaliativo, para apresentação de algumas bandas musicais do projeto. Não precisa ser um evento da

escola, pode ser um intervalo cultural por exemplo. Essa é uma forma de apresenta o projeto para os outros estudantes, mostrando que eles poderão ter a mesma oportunidade, isso leva a uma competição sadia e natural nos processos de produção das bandas.

2.2. Segundo encontro: materiais e procedimentos

No primeiro encontro foi discutido a proposta, objetivos do projeto, conceitos e tipos de instrumentos musicais. Nesse segundo encontro é proposto um debate com os estudantes sobre os materiais e procedimentos para a produção de cada instrumento. Aqui é importante questiona-los da importância dos materiais recicláveis, haverá instrumentos musicais que precisarão de componentes que não são recicláveis, componentes técnicos e específicos, não há problema em usa-los.

Dialogar com os estudantes a importância de reciclar, assim questioná-los se eles sabem a diferença entre lixo orgânico e seco, incentivar um debate entre eles, e, após um tempo determinado, pedir para eles relatarem a discussão na turma. É importante que tenha um desfecho esse debate com a conclusão do que foi debatido, incentivando os estudantes a levarem essa discussão para suas famílias.

Os instrumentos devem ser confeccionados no laboratório, se possível, para que o professor possa avaliar a participação dos estudantes. Não sendo viável, a produção dos instrumentos na escola, eles podem confeccionar em casa, neste caso o grupo deverá comprovar com relatos, fotos e/ou vídeos a produção e participação deles no projeto, trazendo, assim, parte do instrumento produzido.

Nesse momento os grupos já estão formados e deverão trazer a pesquisa da música, dos materiais que poderão ser utilizados, dos instrumentos e dos procedimentos de confecção. Pode ocorrer de grupo que não tenha feito nada, nesse instante o professor de orientá-los da importância de uma boa pesquisa e a interação com os outros grupos, tentando direcioná-los para a solução da proposta.

Este encontro será realizado com cada grupo individualmente, então é importante se atentar ao tempo, programando um tempo específico para cada grupo. Apesar da importância do diálogo, este deve ser bem planejado com foco no programa, a fim de que grupos não sejam prejudicados.

Os dados, colhidos pelo professor, farão parte do 3º encontro, o qual será ministrado uma aula, explicando os aspectos físicos da música, através dos instrumentos, a importância dos gráficos e tabelas para apresentação dos dados coletados e a importância dos aplicativos para coleta de dados e para demonstrar os dados físicos.

2.3. Terceiro encontro: qualidades fisiológicas do som

Este encontro será expositivo, onde o professor irá explicar conceitos sobre a qualidade fisiológica do som, frequência, timbre, nível de intensidade sonora e orientação da forma da apresentação, tentando direcioná-los para apresentação final. É importante ressaltar que essa aula está sendo ministrada após as pesquisas dos estudantes e o debate dos encontros anteriores, então ela reforça os aspectos principais já abordados, porém direcionados para a música e instrumentos musicais.

Recomenda-se pedir aos grupos que já tenham finalizado algum instrumento traze-lo nesse encontro para orientações sobre aplicativos e forma de coleta de dados. Pode ser usado um instrumento comercial, caso não consiga um produzido pelos alunos. Importante ressaltar que aplicativos podem gerar várias frequências, assim, pegar a frequência de maior pico.

Não tem um começo específico para este encontro, mas, nessa proposta dialógica, é conveniente que comesse a aula com questionamentos que estimule a participação dos estudantes e, através destes, discorra o conteúdo propriamente dito.

Um ponto forte a discutir é a diferença entre altura sonora e intensidade sonora, pois os estudantes costumam usar termos do cotidiano, como som alto para som forte. Definindo frequência como a vibração do som, ou seja, é a informação transmitida pelos instrumentos musicais, a junção dessas podem gerar as melodias, que são sons agradáveis a nossa percepção acústica, também são as notas musicais.

Destacar que a intensidade sonora está relacionada com o volume do instrumento, fisicamente está relacionado com a amplitude da onda, espera-se que os estudantes relatem esses fenômenos e grandezas na apresentação e discussões.

Os estudantes devem estar como aplicativos instalado, nesse encontro, para as demonstrações. Nesse instante o professor pode coletar os dados de algum instrumento e

gerar um gráfico e/ou tabela com o Excel, mostrando passo a passo a confecção de gráficos e tabelas. Assim finaliza esse encontro.

2.4. Quarto encontro: instrumentos musicais

O quarto encontro é destinado para apresentação dos instrumentos musicais em fase de acabamento. Nesse encontro reforçar o uso e orientação sobre as ferramentas (aplicativos para celular) que deverão ser utilizados na análise de frequência e intensidade sonora. Tirando dúvidas quanto a confecção de gráficos e tabelas se for o caso.

Quanto a coleta de dados, como o nível de intensidade sonora e frequência, é aconselhável que os estudantes se direcionem para um ambiente silencioso, medindo o nível de intensidade sonora máximo para cada instrumento, separadamente, em dB (decibel). Para a análise da intensidade sonora, pode-se orientar os estudantes a obter em distâncias diferentes, como 1 m, 2 m, 4 m e 8 m do instrumento, analisando a influência da distância com a intensidade do som e orientando-os a demonstrar esse efeito através de um gráfico da intensidade sonora em função da distância.

Posteriormente, orientar os estudantes a escolher uma das distâncias, a qual, deverá ser apresentada uma relação matemática que permita calcular a “soma” do nível de intensidade sonora com todos os quatro instrumentos juntos e fazer uma comparação como abordagem teórica.

2.5. Quinto encontro: apresentação – 1ª parte

Nesse encontro ocorre a apresentação dos instrumentos e trabalho teórico contendo toda a análise de ondas (frequências atingidas pelos instrumentos, tipo de ondas formadas, qualidades fisiológicas do som produzido, análise da intensidade sonora), a análise artística e um breve relato histórico sobre a origem do instrumento confeccionado e sua evolução como instrumento musical até os dias atuais.

Orientar os estudantes, desde o primeiro encontro, a pesquisar e mostrar esses dados fazendo com que essas informações estejam na apresentação final, pois nesse encontro serão feitos ajustes finos nos instrumentos e apresentação caso precise.

2.6. Sexto encontro: apresentação – 2ª parte

No seminário tem dois momentos onde, o primeiro momento os estudantes vão explicar a parte teórica, onde contarão todos os dados coletados com gráficos e tabelas, e o segundo momento o da banda musical, onde apresentarão a música com os instrumentos em funcionamento.

No primeiro momento os estudantes vão apresentar a parte teórica através de um seminário usando para isso um computador e um *data show*. Nesta apresentação, constarão os processos físicos, matemáticos, artísticos envolvidos na confecção (frequências atingidas pelos instrumentos, tipo de ondas formadas, qualidades fisiológicas do som produzido, análise da intensidade sonora, tipo de caixa de ressonância para amplificação, diferença entre os materiais, potência sonora e outros que acharem necessário).

Na apresentação da banda os estudantes vão cantar a música e tocar os instrumentos, nesse momento os estudantes podem usar instrumentos comerciais para auxiliar na harmonia caso seja necessário.

3. APRESENTAÇÃO PARA A COMUNIDADE ESCOLAR

Esse momento não é um momento obrigatório ou de avaliação, mas, sim, um momento lúdico, onde o grupo poderá apresentar sua banda musical, em algum evento da escola o que seria, para os estudantes, a culminância do projeto. É uma forma de propagar o trabalho para a escola e aos estudantes das séries anteriores.

Em nossa escola tem um encontro, no final do ano, denominado: Noite dos destaques. Esse momento é apresentado todos os projetos da escola e homenageado os estudantes e professores que se destacaram no decorrer do ano em seus projetos. Essa apresentação é feita nos moldes da premiação do Oscar e tem vários momentos de intervalos. São nesses momentos que tocam uma banda musical. Nós aproveitamos para inserir os grupos que se destacaram no projeto da banda musical e eles tocam usando os instrumentos que eles confeccionaram.

4. REDAÇÃO: UMA PROPOSTA DE AVALIAÇÃO

Elaboramos um questionário objetivo para avaliar o desenvolvimento dos estudantes, com respeito a qualidade fisiológica do som, apesar dos estudantes terem ido muito bem neste questionário, queríamos uma avaliação em que o estudante fosse mais livre em suas expressões, não tendo influência por parte do professor de física.

Nesse sentido, procuramos a professora de redação e propusemos um tema para que ela pudesse avaliar os estudantes, sem que eles percebessem que tivesse ligação direta com a física. É importante ressaltar que nenhum momento falamos para os estudantes sobre essa redação, ou seja, para eles era uma redação comum da professora de redação.

O tema abordado foi poluição sonora nas cidades, usamos um texto motivador, modificado para o contexto pedagógico, com título: Poluição sonora: como ela afeta o nosso dia a dia e o meio ambiente? Esse texto segue no apêndice. Dessa forma os estudantes poderiam demonstrar conceitos adquiridos com o nosso projeto, de forma ampla, ligado ao seu contexto social.

Essa é uma sugestão para os professores que trabalhem essa proposta de forma qualitativa. Acreditamos que a ela foi importante, pois encontramos vários elementos que demonstraram a aprendizagem pelo estudante, através do usos de conceitos e formas corretas de unidades, que não são usualmente comuns.

5. TEXTOS DE APOIOS

O professor pode se basear em alguns trabalhos já realizados com esse enfoque, como o do Amorim et al, 2012, onde ele confecciona um instrumento de sopro, o qual chamou de tubofone. Esse instrumento foi confeccionado usando canos de PVC e ferramentas básicas, possíveis de se encontrar nas casas dos estudantes. Para desenvolver a proposta ele usou conhecimento básico de física acústica, iniciados através de uma flauta doce.

No ensino de acústica e possível analisar conceitos sobre instrumentos de corda e sopro, suas frequências básicas e afinações o que é demonstrado no trabalho do Catelli e Mussatto, 2014, onde eles mostram, através de matemática básica, as frequências naturais de uma corda de instrumento musical usando apenas os parâmetros geométricos e físicos das cordas.

Aqui abordamos dois textos de apoio ao professor onde um demonstra os conceitos de naipes e o outro uma matemática básica de afinação de instrumentos musicais de cordas. Na bibliografia encontra-se mais trabalhos relacionados a confecção de instrumentos, ao qual, o professor pode encontrar facilmente na internet e ler como apoio.

5.1 Naipes: grupos de instrumentos de uma orquestra.

Na maioria dos livros de física os instrumentos musicais são divididos em três grupos que são os de corda, os de sopro e de percussão, porém, em uma orquestra, a divisão desses grupos recebe o nome de Nipes e são divididos em 4 categorias: cordofones, idiofones, membranofones e aerofones. Faremos, em seguida, um breve comentário de cada e usando como exemplos instrumentos produzidos por nossos estudantes.

CORDOFONES

Os cordofones são instrumentos do grupo de cordas, ou seja, usam cordas para emitir som. A frequência emitida por suas cordas depende da tensão na corda, do comprimento da corda, da densidade da corda e do material de que é feita a corda. Essas cordas são tensionadas e presas, normalmente, em uma haste de madeira, que por sua vez

são ligadas a uma caixa de ressonância acústica. Quando as cordas são friccionadas e/ou dedilhadas, essas emitem uma vibração que é ressoada pela caixa de ressonância.

Na imagem abaixo segue alguns instrumentos de corda produzidos pelos estudantes.



Figura 64: instrumentos de corda fabricados pelos estudantes

O primeiro instrumento é um violão, ele foi fabricado usando partes de um violão quebrado, nesse caso a haste, e uma lata de solvente, usada para caixa de ressonância. Os estudantes recuperaram a haste do violão e suas tarraxas. Afixaram a haste na lata, em seu interior introduziram uma madeira de suporte, para a lata não amassar com a tensão das cordas.

O segundo instrumento é um baixo. Os estudantes usaram como haste um pedaço de madeira, o qual eles talharam de forma a ficar semelhante a uma haste oficial de baixo. Como caixa de ressonância usaram um galão de água mineral, fizeram uma abertura na frente do galão e na boca encaixaram a haste até o fundo do galão. As cordas são de aço e foram tensionadas com tarraxas apropriadas para baixo.

O terceiro instrumento é um violão de quatro cordas. A haste é de madeira rústica não trabalhada, as cordas são de nylon que foram tensionadas com tarraxas de violão comum. A caixa de ressonância é uma lata de leite em pó.

Muitos dos instrumentos musicais exigiram, para sua produção, peças muito específicas, por isso que os instrumentos não são feitos 100 % de materiais recicláveis.

Aqui os estudantes usaram partes de instrumentos quebrados fazendo reaproveitamento de materiais, porém as peças que eles não encontravam, essas, tiveram que comprar.

Uma sugestão seria pedir para os estudantes tabularem os custos gastos no projeto, pesquisando e calculando os impostos pagos sobre os equipamentos comprados. Proporcionando uma reflexão crítica sobre os impostos pagos e o que eles têm de retorno. Essa ideia pode ser trabalhada, interdisciplinar, com os professores de matemática, filosofia, sociologia e outros, promovendo habilidades e competências de forma ampla.

AEROFONES

Os aerofones são do grupo de instrumentos de sopro, ou seja, usam o próprio corpo para gerar o som, através da vibração de ar em seu interior. Os instrumentos pertencentes a esse grupo são as flautas, oboé, fagote, trompas, tuba, trombones, clarinetas, saxofone e trombetas. Segue dois exemplos, confeccionados pelos estudantes, na imagem abaixo.



Figura 65: Instrumentos de sopro confeccionados pelos estudantes

As duas primeiras imagens são de uma flauta de Pã, foram confeccionadas usando canos de PVC e os furos foram feitos com furadeira. Essa flauta é de tubo fechado, assim os estudantes usaram rolha de cortiça para fechar os tubos. As dimensões e distâncias dos furos eles pegaram, facilmente, na internet. No *youtube* tem vários vídeos que ensinam passo a passo a produção de flautas horizontais, flautas doce, flautas de pã entre outras.

O segundo instrumento é um saxofone de PVC. Usando canos de PVC e um auxílio de seu professor de música, a estudantes produziu um saxofone. Nesse caso ela

pegou uma ideia de vídeos no *youtube*. A maioria desses instrumentos eles conseguiram construir usando manuais em vídeos do *youtube*. O professor pode orientar melhor o aluno nessa pesquisa. Em alguns casos o professor precisará de auxílio de um especialista, nesse caso um professor de música ou alguém que tenha esse conhecimento.

IDIOFONE

No grupo de percussão tem dois nipes os Idiofones e Membranofones. Os Idiofones são instrumentos que produzem som com a vibração do seu corpo, são eles: os xilofones, triângulo, pratos, Cajon, Guiro e etc. Na imagem a seguir mostramos alguns idiofones produzido pelos estudantes.



Figura 66: Instrumentos idiofônicos confeccionados pelos estudantes

O primeiro instrumento é um Cajon, é um instrumento de percussão, foi fabricado usando madeiras usadas de móveis planejados. No seu interior tem amarras de arame para emitir o som, são encontradas em lojas de instrumentos musicais. Esse instrumento foi fabricado com a ajuda dos pais dos estudantes, pois envolveu ferramentas específicas. Na dissertação, onde tem esse texto como produto, mostramos a construção completa deste Cajon.

O segundo instrumento é um guiro, é um instrumento que deve ser friccionado para emitir o som. Foi confeccionado com canos enrugado de resto de obra, de forma simples foi colado em um papelão e usaram palitos de madeiras para friccionar.

O terceiro instrumento é um xilofone de garrafa de vidro. Os estudantes afinaram esse xilofone com água em seu interior. As garrafas foram fixadas em uma pedra de granito e cada garrafa foi registrado a nota que emitia.

MEMBRANOFONE

Os Membranofones são instrumentos musicais de percussão que usam uma membrana presa e esticada em seu corpo, são eles: tambor, pandeiro, tumba, cajá, bogo etc. As membranas usadas nos membranofones, conforme as figuras 4, podem ser de couro, plástico, vinil, fita adesiva entre outros. Ao ser vibrada ela gera uma frequência ressoando no corpo do instrumento que também é uma caixa de ressonância.

Segue algumas imagens de membranofones confeccionados pelos estudantes.



Figura 67: Instrumentos confeccionados pelos estudantes

De forma geral esse instrumento é bem simples de ser confeccionado, basta ter um balde e um tipo de membrana. No primeiro instrumento da imagem 4 tem uma membrana de vinil presa a um balde. No segundo e terceiro instrumentos usaram um balde e fita adesiva. Orientar os estudantes a forma correta de usar a fita, recomendamos o uso em cruz, sempre fazendo uma cruz para da resistência ao balde.

5.2 Afinação de um cordofone.

No encontro 3, o professor pode discutir a afinação dos cordofones, pois envolve conceitos matemáticos que são fáceis de discutir no ensino médio. Usamos para produzir esse material os trabalhos do Catelli e Mussatto, 2014, eles demonstraram, matematicamente, a afinação de instrumento de corda e foi nessa demonstração que chegamos a esse texto. Usando as equações abordadas por eles direcionamos para essa proposta.

Esse momento pode ser iniciado com uma pergunta: como se afina um instrumento de corda? Os estudantes, provavelmente, responderão na prática a forma que eles afinam os instrumentos. Caso nenhum estudante responda pela primeira vez ou não tenham esse conhecimento o professor pode continuar perguntando de forma mais elaborada, para assim obter o conhecimento prévio dos estudantes.

Algumas perguntas que podem ser referidas aos estudantes:

- Com se afina um violão?
- As cordas de um violão têm a mesmas espessuras, se não, qual a diferença entre elas?
- Será que existe diferença entre corda de nylon e a de aço?
- Se deixar a corda levemente solta, ao dedilhar ela emitirá som?

O violão é um instrumento de corda bem conhecido dos nossos estudantes e da população em geral, não será difícil obter essas respostas dos estudantes, em seguida o professor pode justificar as respostas dos estudantes demonstrando uma equação matemática para afinação de instrumentos de corda.

Usando a equação de Taylor, da velocidade de uma onda em cordas

$$v = \sqrt{\frac{T}{\delta}}, \quad (1)$$

Onde, nessa equação, v é a velocidade da onda em uma corda, T é a tensão nas cordas e δ é a densidade de massa na corda. A densidade de massas da corda é uma

relação entre a massa e o volume da corda. Normalmente aparece nos livros de ensino médio com densidade linear da corda, pois os autores desprezam a espessura da corda em relação ao seu comprimento, porém aqui a espessura da corda, o que é visível nos instrumentos de corda, não pode ser desprezível, assim vamos considerar como densidade volumétrica a relação da massa pelo volume da corda, como a corda é um cilindro o volume vai ser a área da base vezes a altura, nesse caso a área é de uma circunferência, $\pi \cdot R^2$ e a altura vai ser o comprimento da corda.

A equação de números de harmônicos em uma corda

$$f = n \cdot \frac{v}{2L}, \quad (2)$$

onde, f é a frequência do som, n é o número de harmônicos, v é a velocidade das ondas em uma corda e L é o comprimento da corda. Considerando a corda como um cilindro, calcula-se o volume da corda com a equação de volume do cilindro, onde o produto da área da base do cilindro vezes a sua altura tem-se o volume.

Juntando as equações 1 e 2, sabendo que as velocidades são iguais, obtêm-se a equação da afinação de um instrumento de corda

$$f = \frac{n}{D \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{T}{\mu \cdot \pi}}, \quad (3)$$

onde, f é a frequência emitida pela a corda, n o número de harmônicos, D é o diâmetro da corda, L é o comprimento da corda, T a tensão nas cordas e μ a densidade de massa nas cordas.

Após a demonstração matemática, propõem-se a discussão das respostas dos estudantes, porém com uma visão matemática, discutindo-se com os estudantes as variáveis propostas por eles. Mantendo fixas algumas variáveis podemos mostrar a dependência delas através da equação, ficando assim:

- A frequência do som emitido é: inversamente proporcional ao diâmetro da corda, assim, se aumentarmos o diâmetro da corda diminuimos a frequência e diminuindo o diâmetro aumentamos a frequência.
- A frequência é inversamente proporcional ao comprimento da corda, assim, ao aumentar o comprimento da corda diminui a frequência e diminuindo o comprimento da corda aumentamos a frequência emitida pela corda
- A frequência é proporcional à raiz quadrada da tensão na corda, assim, ao aumentarmos a tensão na corda aumentamos a frequência e se diminuimos a tensão diminuimos a frequência.
- A frequência é inversamente proporcional a raiz quadrada da densidade do material de que é feita a corda, assim, se o material for mais denso menor a frequência e menos denso maior a frequência.

O retorno a discussão com os estudantes, agora, através das análises deles com a equação pode levar o estudante a uma criticidade com relação a matemática nas construções dos instrumentos musicais, o professor pode até ser mais abrangente questionar a importância da matemática na engenharia dos instrumentos musicais.

6. Referências Bibliográficas

AMORIM, R. G. G. et al. *Física e Música: Uma Proposta Interdisciplinar*. Revista Amazônica de Ensino de Ciências. v. 5. p. 101-112, 2012.

BARROS, M. D. M.; ZANELLA, P.G.; ARAÚJO-JORGE, T.C.. *A música pode ser uma estratégia para o ensino de Ciências Naturais? Analisando concepções de professores da educação básica*. Revista Ensaio. v. 15. n. 01. p. 81-94, 2013.

CATELLI, F.; MUSSATTO, G. A.. *As frequências naturais de uma corda de instrumento musical a partir de seus parâmetros geométricos e físicos*. Rev. Bra. Ens. Fís. (online). v. 36. p. 2304-1-2304-6, 2014.

COELHO, A. L. M. B.; POLITO, A. M. M.. *Proposta de sequência didática aplicando um monocórdio e o uso de elementos musicais perceptuais como estruturantes para o ensino de conceitos de física ondulatória*. Physicae Organum: Revista dos estudantes de física da universidade de Brasília. v. 2. p. 1-17, 2016.

FREIRE, P.. *Pedagogia do Oprimido*; 59ª ed. revisada e atual. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015.

FREIRE, P.. *Pedagogia dos Sonhos Possíveis*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2014.

GRILLO, M. L. N. (Org.); PEREZ, L. R. (Org.). *Física e Música*. 1ª ed. v. 1, 120p.. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

GOTO, M.. *Física e Música em Consonância*. Rev. Bras. Ens. Fis. v. 31. n. 2. p. 2307.1-2307.8, 2009.

GUEDES, A. G.. *Estudo de ondas estacionárias em uma corda com a utilização de um aplicativo gratuito para smartphones*. Rev. Bras. Ens. Fís. (online). V. 37. n.2. p. 2502-1-2502-5, 2015.

HÜMMELGEN, I. A.. *O clarinete: uma Introdução à Análise Física do Instrumento*. Cad. Cat. Ens. Fis. v.13. n.2. p.139-153, 1996.

ORQUESTRA LANDFILL HARMONIC, disponível em:

<http://www.landfillharmonicmovie.com/>. Acesso em 21 de jan. de 2018.

PEREIRA, R. M.. *Abordagem Ativa da Acústica no Ensino Médio com a Confeção de Artefatos Musicais pelos estudantes*. 84 p. Dissertação de Mestrado (MPEF), UFSCar. São Paulo, 2013.

ZANETIC, J.. *Física e Arte: uma ponte entre duas culturas*. Pro-Posições. v. 17. n. 1 (49). p. 39-57, 2006.