



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

SANTINO LORUAN SILVESTRE DE MELO

FÍSICA DA MÚSICA: A UTILIZAÇÃO DA MÚSICA PARA AUXILIAR NO ENSINO DE
FÍSICA NO NÍVEL MÉDIO

FORTALEZA
2013

SANTINO LORUAN SILVESTRE DE MELO

FÍSICA DA MÚSICA: A UTILIZAÇÃO DA MÚSICA PARA AUXILIAR NO ENSINO DE
FÍSICA NO NÍVEL MÉDIO

Monografia submetida à Coordenação do
Curso de Graduação em Licenciatura em
Física, da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do
grau de Licenciado em Física.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias

FORTALEZA
2013

SANTINO LORUAN SILVESTRE DE MELO

FÍSICA DA MÚSICA: A UTILIZAÇÃO DA MÚSICA PARA AUXILIAR NO ENSINO DE
FÍSICA NO NÍVEL MÉDIO

Monografia submetida à Coordenação do
Curso de Graduação em Licenciatura em
Física, da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do
grau de Licenciado em Física.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias

Aprovada em ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Professor Doutor Nildo Loiola Dias (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Professor Doutor Marcos Antônio Araújo Silva (Examinador interno)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Professor Doutor Alexandre Gonçalves Pinheiro (Examinador externo)
FECLESC (Quixadá) - Física

Aos meus avós Santino Bandeira e Raimunda Silvestre. Aos meus pais Juveny Francisco e Maria Neuza e a toda a minha família.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e avos pela formação e força que sempre me deram para que eu pudesse seguir sempre em frente em rumo aos meus objetivos e por sempre estarem presentes nos momentos em que mais precisei.

Ao meu irmão José Henrique pela preocupação e apoio constante que me foi dado, me fazendo sempre questionamentos que me faziam perceber a importância dos meus objetivos finais com a conclusão do meu curso. A toda a minha família que sempre esteve presente em momentos de convívio.

Ao meu amigo Kelvis Santiago pelo apoio, incentivo e sugestões.

Ao Prof. Dr. Nildo Loiola Dias, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva e Prof. Dr. Alexandre Gonçalves Pinheiro pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao Prof. Dr. Rui César Vilão que além de me conceber excelentes oportunidades, nunca mediu esforço para mostrar o seu apreço pela música, me servindo assim de inspiração.

“Quem ensina aprende ao ensinar e
quem aprende ensina ao aprender.”

Paulo Freire

RESUMO

Este trabalho trata do emprego da música para auxiliar a aplicação de conteúdos de física no nível médio de ensino, proporcionando a professores e estudantes uma maior familiarização com os conteúdos que serão aplicados. Levando em consideração a carência que os professores de ensino médio encontram ao se deparar com os laboratórios experimentais de física, o presente trabalho vem também como uma alternativa à apresentação dos conteúdos, onde se faz extremamente necessária a utilização da experimentação, visto que esta é imprescindível para a visualização da utilidade da física. No estudo da utilização de instrumentos musicais no ensino de física para estudantes de ensino médio, discutiremos o desenvolvimento de uma aula simplificada que ajude os estudantes a absorver melhor o conteúdo aplicado e uma enquete para avaliação da aula dada. Na avaliação do método proposto, foram utilizadas duas turmas de ensino Pré-Universitário, onde os estudantes que já passaram pelas três séries do ensino médio analisaram a qualidade da aula aplicada e a maneira como foi exposto o conteúdo.

Palavras-chave: Física da Música, Ensino de Física, Instrumentos Musicais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Frequências sonoras e suas relações com animais.....	20
Figura 3.2 – Harpa Pitagórica.....	21
Figura 3.3 – Corda Vibrante.....	22
Figura 4.1 – Berimbau de boca.....	25
Figura 4.2 – Berimbau de bacia.....	26
Figura 4.3 – Berimbau de barriga.....	26
Figura 5.1 - Relação entre os alunos que gostam ou não de física.....	31
Figura 5.2 – Gráfico que responde a pergunta sobre alguns motivos de porque gostar de física	32
Figura 5.3 – Alguns motivos para não se gostar de física.....	33
Figura 5.4 – Opinião em relação ao ensino de física.....	34
Figura 5.5 – Opinião dos estudantes em relação aos conteúdos aplicados.....	34
Figura 5.6 – Influência da física no cotidiano do estudante.....	35
Figura 5.7 – Opinião dos estudantes quanto a modificações nos métodos tradicionais de ensino de física.....	37
Figura 5.8 – Aceitação do estudante para novidades em sala de aula.....	38
Figura 5.9 – Como a música pode interferir no ensino de física.....	39
Figura 5.10 – Aceitação dos estudantes após uma aula de física utilizando como objeto de ensino a música.....	40
Figura 5.11 – Gráfico que mostra a aceitação do berimbau como objeto de ensino de física.....	41
Figura 8.1 – Representação dos três primeiros harmônicos num tubo com as duas extremidades abertas.....	48
Figura 8.2 - Representação dos três primeiros harmônicos para um tubo aberto em uma extremidade e fechado em outra.....	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. A IMPORTÂNCIA E OS DESAFIOS DO ESTUDO DA FÍSICA PARA ESTUDANTES DE ENSINO REGULAR BÁSICO.....	14
3. A MÚSICA COMO INSTRUMENTO DE ENSINO: UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO MÉDIO.....	18
3.1. A acústica aplicada ao ensino de Física.....	18
3.2. O som e o seu espectro.....	20
3.3. Cordas e as Ondas Estacionárias.....	21
3.4. Tubos.....	22
3.5. Ondas Sonoras no Ar.....	23
4. O BERIMBAU COMO EXEMPLO DE OBJETO DE APRENDIZAGEM	24
4.1 O berimbau: características físicas e aspectos culturais.....	25
4.2 A física das vibrações no Berimbau.....	27
4.3 Intensidade e nível do som.....	27
4.4 A corda.....	28
4.5 A cabaça.....	28
5. METODOLOGIA DE TRABALHO.....	29
5.1 Informações sobre a escola e as turmas que participaram da pesquisa.....	29
5.2 O plano de aula.....	29
5.3 A avaliação da metodologia aplicada	31
6. RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	42
8. ANEXOS.....	44
REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

A grande dificuldade na aprendizagem de física no ensino médio está ligada direta ou indiretamente ao despreparo que os estudantes apresentam em relação aos conteúdos básicos quando se faz necessária a inserção obrigatória da disciplina física na sua grade de estudos. A matemática é o primeiro desafio que eles têm de enfrentar. No ensino médio não estarão apenas resolvendo exercícios clássicos e rotineiros como os que são obrigados a fazer até os momentos finais do ensino fundamental. Nesta nova fase, eles terão de se adaptar a utilizar a matemática para encontrar a solução dos problemas aplicados, tratando-a apenas como um instrumento de ensino de física. A opinião de Pietrecola é a de que admitir que boa parte dos problemas de aprendizagem da física localizam-se no domínio da matemática reflete um posicionamento epistemológico ingênuo – acaba-se por atribuir à segunda a função de instrumento da primeira (Pietrecola, 2001, p.15).

A empolgação com a qual estes estudantes se deparam muitas vezes é a utilização da interdisciplinaridade, transformando os problemas rotineiros em um desafio que acarretará numa solução que levará a um resultado de interesse próprio. Para Villas Boas:

“Sabemos que não é possível esperar tudo do conceito de interdisciplinaridade, fugaz e complexo pela própria natureza. Contudo, parece lícito esperar que, deste ambiente impregnado de interdisciplinaridade que é o que se espera fazer do curso exposto, emane um forte sentimento de motivação e gosto pelas ciências e pela tecnologia em prol de uma sociedade da aprendizagem. Para que a motivação para o exercício de uma profissão ocorra de maneira autêntica, honesta e consciente, é preciso conhecê-la, nos seus múltiplos aspectos.” (Villas Boas et. al. 2009, p.125)

Um segundo desafio também é encontrado quando o estudante não consegue assimilar a importância do conteúdo que está sendo aplicado pelo professor. Assim sendo, o que é apresentado surge enquanto algo abstrato e longe da realidade do aprendiz, quando na verdade deveria ser incorporado para a sua formação cidadã, além de contribuir como fonte de pesquisa ou mesmo para a adaptação da sua realidade com o desenvolvimento científico (PCN – Ensino Médio, 2002).

Para que possam ser apresentadas novas tecnologias de ensino cujo principal foco recaia sobre a melhoria do ensino-aprendizado de ciências, sendo a física do ensino médio nosso exemplo a tratar, o professor, enquanto principal mediador do conhecimento deve identificar as necessidades do estudante e mediar o conhecimento não apenas levando em consideração o “o que ensinar na física”, mas também o “para que ensinar física” (PCN – Ensino Médio, 2002),

assumindo, dessa forma, o papel de professor-pesquisador, onde possa auxiliar no desenvolvimento teórico/pedagógico/experimental daquilo que deseja transmitir aos estudantes de forma clara e objetiva. Para Paulo Freire, em *Pedagogia da Autonomia*, não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino, e completa: “Pesquisa para constatar, constatando, intervenho, intervindo, educo e me educo”. Pesquisa para conhecer o que ainda não conheço e comunicar ou anunciar a novidade (Paulo Freire, 1996). Um olhar mais atento a esses tópicos é, sem dúvida, imprescindível para o processo de melhoria no ensino de física.

“Quando “o quê ensinar” é definido pela lógica da Física, corre-se o risco de apresentar algo abstrato e distante da realidade, quase sempre supondo implicitamente que se esteja preparando o jovem para uma etapa posterior: assim, a cinemática, por exemplo, é indispensável para a compreensão da dinâmica, da mesma forma que a eletrostática o é para o eletromagnetismo. Ao contrário, quando se toma como referência o “para que” ensinar Física, supõe-se que se esteja preparando o jovem para ser capaz de lidar com situações reais, crises de energia, problemas ambientais, manuais de aparelhos, concepções de universo, exames médicos, notícias de jornal, e assim por diante.” (PCN+ Física, 2002, p.40).

Ao longo do percurso, professores, coordenadores e eventuais especialistas se empenham fortemente em trilhar caminhos que tornem menos complicados o aprendizado de ciências no ensino médio. A introdução de equipamentos experimentais constata-se como sendo de fundamental importância para que os conceitos aplicados sejam melhor visualizados; desta maneira, o presente trabalho pretende mostrar e exemplificar a importância do equipamento experimental para o aluno, recorrendo principalmente ao estudo e simplificação dos equipamentos que já são do conhecimento destes; logo, o ensino de física através da música se torna uma peça de extrema importância, quando analisamos a familiaridade e utilidade que estes estudantes possuem, visto que a maioria dos alunos de ensino médio tem conhecimento prévio em algum tipo de instrumento musical.

O "mundo físico", ou seja, um mundo visualizado através de conceitos e técnicas, fazendo uso do método científico voltado para a física, torna-se, *a priori*, complexo e inacessível aos estudantes, sendo difícil para estes perceber a real importância do desenvolvimento científico para a construção e utilização das tecnologias. No meio em que vivemos, não só necessitamos saber algo relacionado às ciências para sermos construtores ou descobridores de algo, como também devemos acompanhar de forma clara os avanços tecnológicos para assim dispormos destes. O simples fato de podermos ligar um computador e acessar uma página da internet para descobrirmos em qual zona eleitoral estamos inseridos exige do usuário um conhecimento prévio sobre diversos componentes do computador, assim como também se faz necessário o domínio da utilização do software que estamos utilizando. Um portador de diabetes, ao ter que aplicar doses

diárias de insulina, precisa estar de acordo com o método de utilização rotineira do medicamento, assim como sempre atentar para o nível de glicose na corrente sanguínea. Esses dois exemplos, tão simples e comuns no dia-a-dia de muitas pessoas ao redor do mundo, exemplificam perfeitamente a comodidade e simplificação que o conhecimento do avanço tecnológico trás para a humanidade. No primeiro caso, temos o fim da necessidade de as pessoas pegarem filas enormes e desnecessárias somente para poder identificar suas zonas eleitorais, enquanto que no segundo, ainda mais relevante, temos como resultado o prolongamento da vida e bem-estar dos portadores da doença.

É comum que os estudantes do ensino médio, ao se depararem com o ensino de física, levantem dúvidas acerca da utilidade do ensino desta disciplina. Isto se torna ainda mais claro quando observamos a resistência que os professores encontram por parte dos alunos ao aplicarem em sala de aula conteúdos que, na percepção dos alunos, não possuem correlação com o meio em que vivem. Assim, pretendo apresentar, de forma clara e sucinta, a importância da utilização de objetos de aprendizagem no ensino de física, dando ênfase àqueles que os estudantes possam estar em contato mais frequentemente e que, por algum motivo, estejam ligados à intimidade dos mesmos. Pelo PCN+ do Ensino médio de 2002,

“Para que todo o processo de conhecimento possa fazer sentido para os jovens, é imprescindível que ele seja instaurado através de um diálogo constante, entre o conhecimento, os alunos e os professores. E isso somente será possível se estiverem sendo considerados objetos, coisas e fenômenos que façam parte do universo vivencial do aluno, seja próximo, como carros, lâmpadas ou instrumentos musicais, seja parte de seu imaginário, como viagens espaciais, naves, estrelas ou o Universo. Assim, devem ser contempladas sempre estratégias que contribuam para esse diálogo.” (PCN+, Física, p.8, 2002)

Como o som e a música fazem parte do nosso cotidiano, nada mais óbvio que o mundo físico e o "cotidiano sonoro" possam estar ligados para assim poderem ser estudados, analisados e transmitidos para todas as pessoas, independente de classe social, cor, etnia ou sexo, especialmente por ser a música e a física de acesso universal. É por esse motivo que as páginas posteriormente apresentadas são escritas de forma a motivar o professor de ensino médio a utilizar instrumentos, métodos e técnicas musicais para estudantes de ensino médio regular, assim como fazer com que estes possam perceber a importância cultural que a física da música proporciona à aprendizagem.

2. A IMPORTÂNCIA E OS DESAFIOS DO ESTUDO DA FÍSICA PARA ESTUDANTES DE ENSINO REGULAR BÁSICO

O estudante, por vezes, possui a má impressão de que o conhecimento adquirido na escola não está ligado ao seu cotidiano, e que a realidade, transmitida principalmente pela disciplina de Física, estuda algo que não faz parte do seu dia a dia. A consciência da importância do estudo de física para a sociedade, segundo a maioria das pessoas, está relacionada apenas a um diminuto grupo de estudiosos especializados e diferenciados dos demais.

Um dos principais desafios que os estudantes do ensino médio encontram ao se inserir disciplinas como física ou química na sua grade de estudos é perceber a sua real utilidade no seu meio de vivência. Ao se aplicar o conteúdo de eletricidade e magnetismo para tais estudantes, estes iniciam por conhecer o princípio de atração e repulsão entre cargas e podem chegar a ver as propriedades magnéticas da matéria. Porém, se um hipotético aluno não consegue compreender o real significado do eletromagnetismo, mesmo após a conclusão do ensino médio, dificilmente estará interessado em aprender sobre a importância de tal conteúdo para seu cotidiano. Percebemos essa relação quando analisamos o seguinte trecho do PCN+ Física 2002:

“Mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda assim terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem.” (PCN+ Física, 2002)

Quando vamos comprar algum aparelho eletrônico, ou simplesmente se o consumo de eletricidade for demasiadamente alto, por exemplo; se o usuário não possuir um conhecimento técnico adequado e souber por em prática, não terá a possibilidade de questionar qual a melhor saída para um problema rotineiro que surgir ou mesmo fazer uma comparação entre qual produto deverá obter para que este possa fazer uma economia racional. Estes são apenas um dos pouquíssimos casos em que devemos possuir conhecimentos prévios de ciências para que possamos nos sair bem em relação à dada escolha, não utilizando a física de maneira que esta seja apenas um complemento na sua grade de estudos, mas que esta possa ser de extrema importância no seu cotidiano. Pelo PCN+ de Física, observamos ainda que:

“Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento transforme-se em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir.” (PCN+ Física, 2002)

A mudança de etapa do ensino fundamental para o ensino médio representa uma nova fase de ensino-aprendizado que está diretamente voltada para o final do ensino médio e à forma que estes estudantes vão fazer para que todo o percurso estudantil tenha valido a pena. Para tal, os professores devem estar ainda mais atentos à forma como o conteúdo é aplicado em sala de aula. A apresentação de um tema que não tenha uma considerável proximidade da realidade dos alunos faz com que estes apenas estejam obrigados a estudar para concluir o ciclo no final do ano, muitas vezes não visualizando que o tema aplicado pode contribuir significativamente para o seu futuro. A grande quantidade de conhecimentos que existe em física também não pode ser tratada em todo o Ensino Médio, fazendo com que os métodos utilizados voltem para a sua realidade.

A física está diretamente relacionada ao cotidiano das pessoas, por isso nós, professores, devemos compreendê-la de forma clara, além de transmiti-la da melhor maneira possível. Pelo PCN – Ensino Médio de 2002,

“A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas.” (PCN – Ensino Médio, 2002)

Ao longo dos anos, principalmente nos últimos séculos, o desenvolvimento da física se deu em larga escala. Temos melhores instrumentos de pesquisa, assim como uma maior quantidade de informações que nos são repassadas e constatadas como verdadeiras no mundo físico. O desenvolvimento científico, sempre em constante processo de aperfeiçoamento, contribui significativamente para uma melhor qualidade de vida, inclusive oferecendo possibilidades de usufruir deste desenvolvimento em longo prazo. Percebemos, desta maneira, que o que vivenciamos em nosso cotidiano possui ligação direta com o mundo que concebemos como físico. Segundo Maurício Pietrecola, o mundo físico é descrito da seguinte maneira:

“O conhecimento físico é o conjunto de enfoques particulares com o passado de sucesso na tarefa de compreender a natureza. Desse processo resultou o que chamamos de mundo físico, ou seja, uma forma também particular de conhecer o mundo, construída ao longo de vários séculos de pesquisa.” (PIETROCOLA, 2005, p.17)

O ensino médio está intimamente ligado a uma fase de assumir maiores responsabilidades. É neste momento que o estudante encontra a necessidade de ingressar na universidade (quando há

o devido incentivo por parte do tripé escola-família-sociedade) ou mesmo no mercado de trabalho, sendo o último almejado pela maioria dos estudantes. É exatamente nessa época que o estudante busca ainda mais disciplinas envolvidas com as ciências, seja por questão de conveniência, afinal estes alunos necessitam dos conteúdos para passarem em testes, ou mesmo pelo fato de que estes tomaram consciência da importância do conhecimento científico na sua carreira estudantil. Em um primeiro momento, este resultado pode ser bastante promissor, ao evidenciar que alguns alunos conseguiram encontrar a real utilidade do que estudam e assim possuem uma maior intimidade com o conteúdo, possibilitando a sua aprendizagem. Todavia, podemos levantar questões como: o que aconteceu com a familiaridade e facilidade que os estudantes poderiam ter obtido ao longo de todo o percurso de estudo? O que deveria ser feito para que estudantes de ensino regular possuam um melhor aproveitamento dos conteúdos aplicados? É nesse momento que devem entrar em ação técnicas e objetos de aprendizagem que liguem a maior parte possível dos estudantes a real utilidade das disciplinas aplicadas. As perguntas serão solucionadas ao longo da leitura, principalmente no capítulo seguinte, onde compreenderemos como um objeto de aprendizagem e novas técnicas de ensino podem proporcionar ao estudante uma maior familiaridade com os conteúdos aplicados.

Em se tratando de física, onde a construção das ideias e técnicas se devem principalmente ao acréscimo de informações ao longo do seu percurso de crescimento, também devemos levar em consideração as ideias e conteúdos prévios que os estudantes devem possuir antes mesmo de cursarem a disciplina. Paulo Freire, sobre isso ainda fala: Ensinar exige respeito aos saberes dos educandos (Paulo Freire, 1996, p.16).

Como exemplo dos tais conteúdos prévios, consideremos o estudo da matemática desde os primórdios do ensino. Começamos por tratar do papel magistral que a matemática possui no nosso meio de vivência. Necessitamos dela em grande parte do nosso dia-a-dia; para os mais experientes, desde as compras que devemos fazer consoante o nosso salário, até possíveis porcentagens que são aplicadas em nossas compras e/ou empréstimos. Um leigo diria: "eu não necessito da matemática"; obviamente uma afirmação errônea, afinal, não é possível nos dias de hoje fazer qualquer tipo de transação, troca, investimento, ou mesmo a simples compra de alimento sem a utilização da matemática. Na física, a situação é a mesma, sendo a matemática uma ferramenta que auxilia na solução dos problemas. Entretanto, esta não deve ser utilizada como um mecanismo que dificulte o ensino-aprendizado da física, o que se evidencia no seguinte trecho do PCN+ de Física de 2002:

“Muitas vezes o ensino de Física inclui a resolução de inúmeros problemas, onde o desafio central para o aluno consiste em identificar qual fórmula deve ser utilizada. Esse tipo de questão, que exige, sobretudo, memorização, perde sentido se desejamos desenvolver outras competências. Não se quer dizer com isso que seja preciso abrir mão das *fórmulas*. Ao contrário, a formalização matemática continua sendo essencial, desde que desenvolvida como síntese dos conceitos e relações, compreendidas anteriormente de forma fenomenológica e qualitativa. Substituir um problema por uma situação-problema, nesse contexto, ganha também um novo sentido, pois passa-se a lidar com algo real ou próximo dele.” (PCN+ Física, 2002)

Assim como necessitamos da matemática para resolvermos problemas rotineiros através de sua exatidão e assim facilitarmos a nossa vivência em sociedade, não devemos esquecer que ela é também de crucial importância para o estudo da física. Sem a matemática, não teríamos uma física tão desenvolvida como a dos dias de hoje. Visto dessa maneira, o ensino contemporâneo de física não pode deixar de estar ligado à matemática, e de nada adianta começarmos a estudar física sem antes termos uma base matemática consolidada para a execução e resolução de problemas. Para Sônia S. Peduzzi (1999), em conclusões de um texto elaborado para o curso de mecânica sobre as concepções alternativas em mecânica, ignorar as concepções prévias dos estudantes no processo de ensino-aprendizado traz consequências como o desenvolvimento paralelo de ideias e a coexistência de dois modelos conceituais distintos. O acúmulo de investigações constata que, para os estudantes de ensino regular básico, a ideia do conhecimento prévio também é válida, assim como no meio universitário.

3. A MÚSICA COMO INSTRUMENTO DE ENSINO: UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO MÉDIO

3.1 A acústica aplicada ao ensino de Física

É sabido por todos que direta ou indiretamente a música faz parte do cotidiano de todas as pessoas. Algumas estão diretamente ligadas a esta, seja compondo, estudando, analisando ou até mesmo criticando, outras apenas se interessam em ouvi-la e ainda surgem alguns que não apresentam nenhum interesse, sendo estes uma real minoria. Para cada sociedade existente, a música produzida pelos respectivos membros desses grupos pode ser um marco informativo sobre características importantes do coletivo, funcionando enquanto instrumento emissor de valores e símbolos sócio-histórico-culturais. Devemos aproveitar esse elemento do fascínio que a grande maioria das pessoas possui em relação à música para fazer uso dela como um instrumento adicional nas aulas de física que façam referência à acústica.

Para compreender fenômenos físicos da música, necessitamos inicialmente compreender os fenômenos da acústica. As pessoas que estudam acústica, ou seja, os “sabedores de acústica” são aquelas pessoas que estudam e pesquisam as ondas sonoras, não só para a musicalidade, mas também para o desenvolvimento científico-tecnológico da nação. Vejamos na citação a seguir os exemplos que Halliday cita sobre as pesquisas que são realizadas no ramo da acústica e física das ondas sonoras:

“Fisiologistas querem saber como a fala é produzida, como corrigir os efeitos de dicção, como reduzir a perda de audição e até mesmo porque uma pessoa ronca. Os engenheiros acústicos procuram melhorar a acústica das catedrais e salas de concertos, reduzir o nível de ruído perto de rodovias e obras públicas e reproduzir sons em sistemas de alto-falantes com o máximo de fidelidade.” (Halliday, fundamentos de física II, p.150, 2011)

A complexidade inicial do que será aplicado obriga os responsáveis pelo ensino a trilhar caminhos estratégicos que facilitem e ofereçam uma aproximação cada vez maior entre o que pode ser aprendido e o dia-a-dia dos estudantes. Consideremos novamente um aluno hipotético, estando esse matriculado no ensino médio e que acabou de iniciar o estudo de ótica. Na sala de aula, o professor apresenta o conteúdo ilustrativo no quadro através de diagramas de raios para determinar a convergência ou divergência dos raios luminosos. *A priori*, o estudante pode não compreender o que está sendo apresentado, afinal, a abordagem abstrata por parte do professor não passa de uma tentativa de aproximação da realidade. Se, além dos diagramas, o professor selecionar alguns

alunos que usem óculos e pedir que estes apresentem as lentes, demonstrando, desse modo, modelos convergentes e divergentes, é certo que o conteúdo será melhor recebido e processado pela turma.

É pensando na aproximação com a realidade e intimidade que os estudantes possuem com o espaço e a sociedade que os rodeia que pretendo apresentar a música e seus respectivos instrumentos, mostrando a importância que eles podem ter para a aprendizagem da física.

Os instrumentos da música aos quais me refiro não são apenas os responsáveis pelo som. Refiro-me a todo equipamento que faça com que a música esteja inserida da melhor forma possível no espaço. Em qualquer apresentação musical, além dos instrumentos musicais, os instrumentos da música são imprescindíveis para uma boa apresentação. São luzes que proporcionam efeitos ilusórios, telas que apresentam e ampliam em tempo real a imagem de um músico, conjuntos de *leds*, mesas de som que modificam a frequência musical e "limpam" o som apresentado, até os aparelhos celulares que hoje em dia podem fazer modificações significativas na forma como o som é apresentado, dentre vários equipamentos conhecidos hoje pela maioria dos estudantes de ensino regular.

A proximidade que estas pessoas possuem com a música quando relacionadas ao mundo físico proporciona uma intimidade com o conteúdo a ser aplicado, além do aprofundamento na compreensão. Passar a tratar a Física como parte da cultura contemporânea abre, sem dúvida, uma interface muito expressiva do conhecimento em Física com a vida social (PCN+ física, 2002). Ao ligar o mundo cotidiano ao mundo físico, de forma clara e objetiva, as partes envolvidas nesta relação recebem a aprendizagem de outra maneira, sendo assim mais fácil de contornar os obstáculos e toda a "chatice" que o conteúdo possa apresentar.

Ligar a música ao ensino de física não só abre novos meios para a criação de objetos de aprendizagem simplificados, como também pode relacionar o aprendizado às culturas locais, o que contribuiria ainda mais para uma melhoria no ensino. Paulo Freire nos fala ainda sobre o respeito que o professor deve apresentar aos saberes do aluno, o que nos instiga a questionar acerca da importância em se aproveitar a experiência que os alunos têm em relação à classe e meio social em que estão inseridos (Paulo Freire, *Pedagogia da autonomia*, 1996).

O estudo da música, assim como o das diferentes áreas estudadas pela física, também apresenta as suas subáreas. A aplicação dos conteúdos dependerá, como sabemos, de um estudo minimalista, real e de acordo com a metodologia científica, para que assim possa ser apresentado da melhor maneira possível aos estudantes. Apresentaremos a seguir uma série de conceitos físicos relacionados ao som que necessitamos saber para que o estudo da música esteja relacionado com o mundo físico através de uma formulação e bases teóricas cabíveis. Veremos

desde o espectro sonoro até os instrumentos musicais, analisando o comportamento do som em diversos casos para que possamos compreender um pouco melhor o que a música tem a oferecer para o ensino de física.

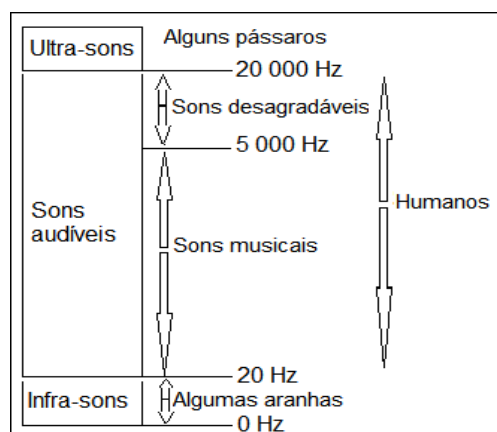
3.2 O som e o seu espectro

Uma onda sonora é definida genericamente como qualquer onda longitudinal. No nosso trabalho, vamos nos concentrar nas ondas sonoras que se propagam no ar e que podem ser ouvidas pelas pessoas (Halliday, fundamentos de física II, p.150, 2011).

Qualquer fenômeno ondulatório em física pode ser representado pelo seu espectro. Quando falamos no espectro em física, relacionamos esta com amplitudes ou mesmo intensidades, das componentes ondulatórias de um sistema, em função da sua devida frequência, ou mesmo os seus comprimentos de onda. De forma rápida, podemos dizer que o espectro do som é o conjunto de todos os tipos de ondas de som que o compõem. Na sua composição total, temos a gama do espectro audível e toda a gama não audível. Os conjuntos de frequências audíveis do espectro sonoro variam de 20 Hz até 20000 Hz; também existem os sons que ficam abaixo do som audível, que são os infrassons, e os que ficam acima da gama de frequências audíveis, que são os ultrassons. A associação de frequências e a forma como as ondas sonoras são produzidas caracterizam cada som e a forma como os percebemos. Dessa maneira, podemos distinguir os vários tipos de som e fazer a associação deles com o que ouvimos.

Abaixo, apresentamos uma imagem representativa da frequência sonora e sua respectiva relação com o som audível, o infrassom e o ultrassom, mostrando exemplos de animais susceptíveis a esta gama de frequências.

Figura 2.1 – Frequências sonoras e suas relações com animais



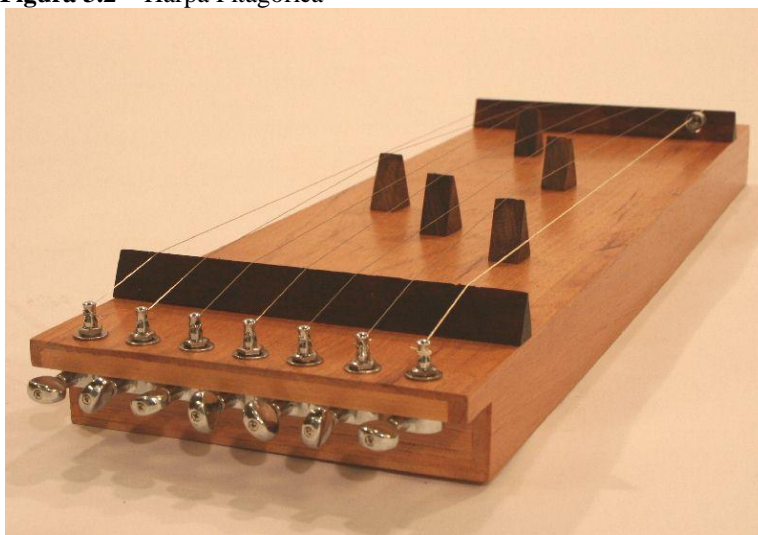
Fonte: Elaborada pelo autor em 15 de junho de 2013

A frequência audível, acima citada, está relacionada com a gama de frequências que o nosso sistema auditivo pode detectar para assim poder transferir a informação sonora para o nosso cérebro. O órgão responsável pela audição é o vestíbulo-coclear, ou como é comumente chamado, ouvido. A parte do ouvido que nos interessa para este trabalho é a membrana timpânica, pois é esta que recebe as ondas sonoras transmitidas pelo ar e que a faz vibrar.

3.3 Cordas e as Ondas Estacionárias

Como vimos, as cordas foram o marco inicial do estudo da acústica musical feita por Pitágoras. O instrumento utilizado foi o monocórdio de Pitágoras, que hoje possui uma adaptação moderna chamada de Harpa Pitagórica, como podemos ver na imagem 3.2. No presente trabalho, pretendo fazer um estudo sobre cordas, voltado para o Ensino Médio, analisando o seu movimento apenas em uma dimensão e no caso em que ela está presa nos dois extremos. Os resultados apresentados podem não exibir um completo detalhamento dos passos, visto que os estudantes de ensino médio não possuem conhecimento prévio em Cálculo Diferencial e Integral. Para mais informações, basta consultar o Anexo 4.

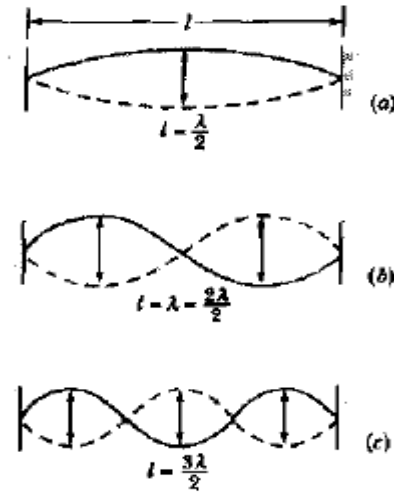
Figura 3.2 – Harpa Pitagórica



Fonte: Retirada do site www.luthieria.net em 17 de junho de 2013

As cordas a que nos referimos aqui são vibrantes e apresentam algum tipo de som. Analisaremos as ondas estacionárias nas cordas e faremos suposições que nos levam a verificar que as formações das ondas estacionárias se diferenciam entre si através do número de nódulos, onde surgem os diferentes tipos de vibração (Vilão, notas de aula, p.7), como é visto na figura abaixo:

Figura Erro! Indicador não definido..3 - Corda Vibrante



Fonte: Halliday, vol.2, p.132

Para os modos normais de vibração, os harmônicos são dados por:

$$f = \frac{vn}{2L}$$

Cuja demonstração completa se encontra nos anexos.

3.4 Tubos

Da mesma forma que as cordas ou molas, o ar contido no interior de um tubo pode vibrar com frequências sonoras bem definidas. Quando as ondas se propagam no interior de um tubo, são produzidas ondas estacionárias semelhantes as da corda. Tais ondas são vantajosas, pois a oscilação em grande amplitude dentro do tubo faz com que a onda sonora audível produzida oscile com a mesma frequência da onda estacionária formada (Halliday, fundamentos de física II, 2009). Vários instrumentos sonoros são construídos desta maneira, como é o caso da flauta ou clarinete, de modo a produzir as ondas estacionárias.

Os tubos podem ser abertos ou fechados nos extremos. No estudo do tubo, podemos verificar as duas extremidades abertas, ou as duas fechadas, ou uma aberta e outra fechada. A relação entre as frequências de oscilação demonstradas para os três tipos de tubo encontram-se demonstradas no Anexo 3.

1. Para o tubo aberto nas duas extremidades, os modos normais de vibração são:

$$f_n = n \frac{v}{2L} = n f_1$$

2. Para o tubo aberto numa extremidade e fechado na outra, os modos de vibração são:

$$f_n = (2n - 1) \frac{v}{2L}$$

O estudo dos tubos não é de fundamental importância para o ensino médio, porém, incluímos aqui o seu estudo para mostrar mais a frente a relação que podemos fazer entre a cabaça do berimbau e um tubo.

3.5 Ondas Sonoras no Ar

E como um último exemplo prático do que podemos estudar com a música, temos o estudo das ondas sonoras no ar, afinal, estudar como as ondas sonoras se propagam no ar é algo que instiga os estudantes quando vistas em paralelo com instrumentos e objetos musicais.

Em física, as ondas sonoras são definidas como ondas mecânicas, visto que estas somente podem se propagar num meio material, diferentemente de ondas que podem se propagar no vácuo, como é o caso das ondas eletromagnéticas. Esses tipos de onda são classificadas como ondas de pressão. Podemos observar um exemplo prático quando um homem bate num pandeiro, fazendo com que a membrana do mesmo vibre, em movimentos oscilatórios, provocando pressão no meio, no nosso caso o ar, fazendo com que tal onda se propague (Halliday, vol.2, p. 150, 2009).

As ondas a que nos referimos são as longitudinais, ondas que estão se propagando longitudinalmente no ar, ou seja, onde a direção de propagação é a mesma direção de vibração da sua trajetória. Cada seção do meio através do qual passa a onda longitudinal apenas oscila ligeiramente em torno de uma posição de equilíbrio, enquanto a onda propriamente dita pode se propagar por grandes distâncias (Halliday, vol.2, p.130, 2009).

Tanto a frequência como a velocidade das ondas sonoras pode variar, sempre em virtude da fonte emitente. As ondas sonoras audíveis estão na faixa do espectro de 20 Hz até 20000 Hz. As ondas abaixo da gama de ondas audíveis são chamadas de infrassons e acima de 20000 Hz, sendo denominadas de ultrassons. A velocidade de propagação das ondas sonoras depende obviamente das características do meio.

4. O BERIMBAU COMO EXEMPLO DE OBJETO DE APRENDIZAGEM

De modo a comprovar a eficácia no ensino de física através de novos objetos de aprendizagem que a música pode proporcionar, analisemos a seguinte situação: um estudante de física, também músico, recebe a tarefa de construir um equipamento de tambor de bateria que lhe forneça apenas uma frequência ressonante pura, de valor dado X . O estudante, ao receber tal incumbência, pode se ver em sérios apuros, tendo em vista o aparente grau de dificuldade. Contudo, se associado ao trabalho de construção do equipamento ele receber em sala de aula uma introdução a osciladores de helmholtz (uma abordagem que não cabe ao ensino médio), a sua capacidade de aprender o conteúdo e aplicar na prática será indiscutivelmente superior (Vilão, e.t. a.l., 2013).

Para facilitar o processo, lançaremos mão tanto da interdisciplinaridade como de um objeto que possa ser levado para a sala de aula, assim como da cultura e arte às quais os estudantes estão ligados. Assim sendo, escolhemos o berimbau para a ilustração do presente trabalho, visto ser este um exemplo típico presente na cultura brasileira e no universo dos estudantes. Os temas de física aqui tratados possuem uma linguagem consideravelmente simplificada para os estudantes do ensino médio, o que contribuiu para a escolha de aproximações e exemplos práticos para a compreensão de equações e problemas, abrindo mão, dessa forma, de demonstrações mais elaboradas. O espaço para tais demonstrações encontra-se nos anexos. Vale também ressaltar que a forma escolhida para a demonstração de tais assuntos busca uma análise mais qualitativa que quantitativa.

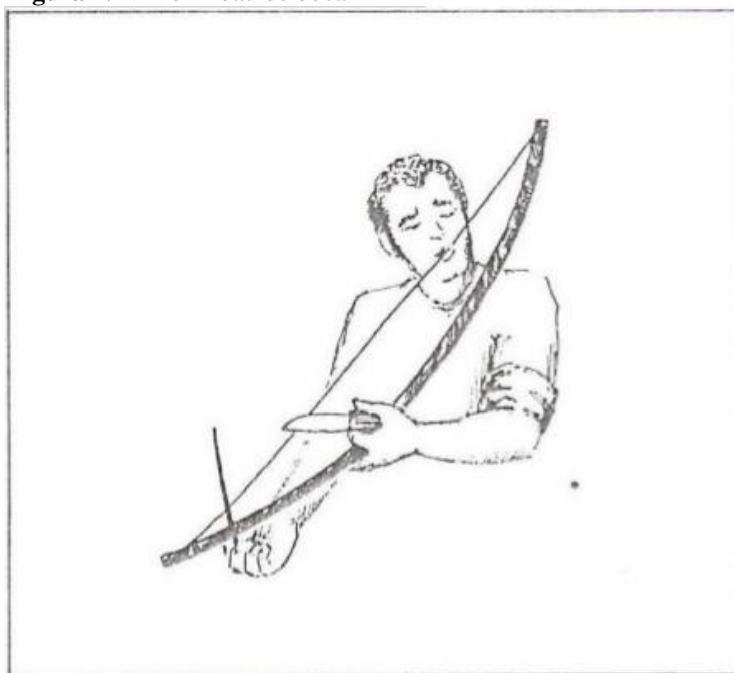
Conhecer o que está por trás de um instrumento musical não deve se restringir a uma análise de conceitos físicos, mas também aproximar o estudante de sua realidade, fazendo com que este compreenda a utilização da física no seu cotidiano e de forma interdisciplinar, abordando conceitos de aspectos musicais, sociais e históricos que fazem do berimbau um dos instrumentos de maior destaque no nosso país. Ainda em nosso estudo, passaremos pelas características fundamentais de acústica, explicando o que é o som e o porquê de estudarmos a física das vibrações. Também iremos nos referir à altura e intensidade.

4.1 O berimbau: características físicas e aspectos culturais.

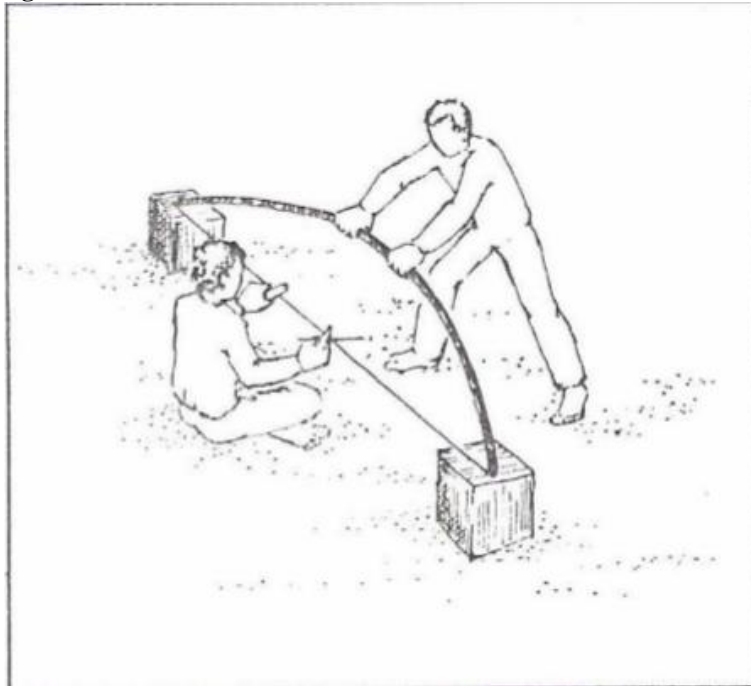
São vários os instrumentos musicais que podem ser utilizados em uma roda de capoeira, podendo estes variar de grupo para grupo. Em geral, os mais comuns são o berimbau, pandeiro, reco-reco, agogô e atabaque. Na capoeira, denominamos esse conjunto de instrumentos *bateria* ou *orquestra*, sendo o berimbau o elemento de maior destaque e de conhecimento da maior parte dos brasileiros, motivo pelo qual foi escolhido para ser usado em uma aula de física ministrada por mim no ensino médio. Além de ser um instrumento que grande parte da população conhece, ainda pode ser facilmente adquirido a baixo custo no Brasil.

Há vários tipos de berimbau, dentre os quais podemos citar o berimbau de boca (Figura 4.1), o berimbau de bacia (Figura 4.2) e o berimbau de barriga (Figura 4.3). Os dois primeiros não são comumente encontrados nas rodas de capoeira, sendo o último o mais utilizado e o qual utilizaremos aqui no nosso estudo. O berimbau de barriga é construído de forma a manter um pedaço de madeira flexionado em forma de arco através do uso de um arame, ainda apresentando uma cabaça amarrada na parte inferior. É tocado com uma moeda e uma pequena vareta em conjunto com um caxixi — um tipo de chocalho. A seguir, apresentamos figuras dos instrumentos utilizados:

Figura 4.1 – Berimbau de boca



Fonte: Shaffer, p.15, 1997

Figura 4.2 – Berimbau de bacia

Fonte: Shaffer, p.14, 1997

Figura 4.3 – Berimbau de barriga

Fonte: Vilão, 2013, p.13

Na figura 4.3, percebemos claramente que uma corda está sendo tensionada por uma vara de madeira, que pode ser, por exemplo, feita de bambu, no caso dos berimbaus mais simplificados. A cabaça que se encontra na figura está conectada a uma corda e a madeira por um barbante,

fazendo com que as vibrações provocadas na corda possam ser transmitidas da melhor maneira possível.

4.2 A física das vibrações no Berimbau

As vibrações ou oscilações são encontradas em diversos sistemas mecânicos observados na natureza. Um exemplo prático é o das cordas de instrumentos musicais, que vibram em torno de um ponto fixo de referência (Moysés, vol.2, p. 39, 1981). Para o estudo dessas oscilações, fenômenos que são de extrema importância em física, utilizo o exemplo das vibrações que existem tanto na corda como na cabaça do berimbau.

Estudar os fenômenos ondulatórios relaciona-se a um dos conceitos mais importantes em física, que é o próprio conceito de onda, ou seja, uma grandeza física que oscila repetidamente no espaço e no tempo. Este conceito pode ser visto ao se tocar a corda de um berimbau e perceber que a corda vibra em torno de um eixo de referência estático. Essa definição é estendida para todos os tipos de onda.

O sistema vibrante para corda que usaremos é representado apenas em uma dimensão, o que simplifica a nossa visualização. Quando batemos em uma corda com uma vareta, produzimos nessa uma vibração, que obviamente possui frequências de oscilação em uma gama característica da corda, que aqui é o nosso mediador da transmissão sonora até os nossos ouvidos. A função de amplificar o som e de transmiti-lo do instrumento até nós é a cabaça, que funciona como uma caixa ressonante (Vilão, et. al., p.4, 2013).

4.3 Intensidade e nível do som

Quando escutamos algum som e queremos descrever as características físicas das ondas mecânicas que escutamos, tratamos logo de pensar em conceitos como frequência, comprimento de onda e velocidade. Todavia, devemos lembrar-nos de outro conceito fundamental: a intensidade. Chamaremos de I a intensidade sonora, a qual corresponde, de maneira simplificada, à quantidade de energia que a onda possui, podendo esta energia ser absorvida pelo meio, no nosso caso o tímpano (Halliday, vol.2, p.158, 2009). Podemos simplificar ainda mais utilizando um exemplo: imagine uma pessoa largando uma pedra em um lago, de uma altura de 10 cm. Vemos que as ondas formadas possuem uma pequena amplitude em relação a uma onda que se formaria se a pedra fosse solta de uma altura de 5 metros. Assim, podemos dizer, com certa relatividade, que o som está alto ou baixo, ao relacionarmos a altura à amplitude de oscilação das ondas.

4.4 A corda

No nosso exemplo, iremos considerar uma corda presa e tensionada em dois extremos por uma força que proporciona tal tensão. A equação que relaciona as frequências de oscilação com os comprimentos de onda, como demonstrado no anexo, é:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{2L} \text{ em que } n = 1, 2, 3, \dots$$

em que v é a velocidade de propagação das ondas sonoras. A figura 3.3 representa os 4 primeiros harmônicos de uma corda fixa nos dois extremos para as ondas estacionárias.

Analisaremos a seguir qualitativamente a relação que existe entre a frequência e a tensão aplicada em uma corda. Não explicitaremos aqui a equação que relaciona a tensão aplicada em função da frequência, dentre outros parâmetros; porém, vamos utilizar um exemplo prático para que possamos compreender esta relação: imagine a corda de um violão. Quando pensamos em “afinar” esse violão, esticamos a corda através das hastes que, fazendo movimentos circulares, conseguem modificar a frequência da corda. Afinar significa deixar a frequência de oscilação das cordas em uma frequência já conhecida, ou seja, modificando a tensão aplicada na corda, modificamos também a sua sonoridade.

4.5 A cabaça

A cabaça ressoa apenas algumas frequências que são emitidas pela corda quando esta é tocada pela vareta, abafando a sonoridade metálica característica das cordas de aço e amplificando o de frequência fundamental semelhante à frequência fundamental da cabaça (Vilão ET AL, 2013). Ao bater na corda, esta vibra em uma vasta gama de frequências, transmitindo essas vibrações para a cabaça que, por sua vez, põe-se a vibrar também. As vibrações da cabaça provocam uma pressão contra as moléculas do ar envoltas na sua parede, fazendo com que tal onda mecânica possa se propagar através do meio, denominando tais ondas como som.

5. METODOLOGIA DE TRABALHO

Para a realização deste trabalho, que visa compreender a importância que os estudantes de ensino médio de escolas de periferia encontram em relação à disciplina de física e a visão que estes apresentam quando se trabalha em sala de aula com novos objetos de aprendizagem, no nosso caso a música, marcando assim a interdisciplinaridade, foi montado um plano sistematizado de aula com procedimentos técnicos previamente determinados que servissem de suporte para a avaliação empírica que faremos em forma de enquete, estratégia de pesquisa com dados existentes analisados por meio de questionário. A pesquisa empírica realizada consta de um questionário que foi aplicado aos estudantes após a realização de uma aula com o seguinte tema: *Um apanhado geral sobre as propriedades básicas do som e a física que se encontra no berimbau.*

5.1 Informações sobre a escola e as turmas que participaram da pesquisa

A E.E.F.M. Júlia Alves Pessoa está localizada na Rua São Francisco, S/N, no bairro do Siqueira, na cidade de Fortaleza, Ceará. A escola é classificada como escola de porte médio em que abriga no momento cerca de 1000 alunos. Possui salas de 9º ano do ensino fundamental até o 3º ano do ensino médio, com mais duas turmas selecionadas para participar de um projeto do governo do estado do Ceará chamado PRU – Programa Rumo à Universidade. Foi nas turmas de PRU que tanto as aulas quanto a enquete foram aplicadas (INFORMAÇÕES SOBRE A ESCOLA, em 25 de junho de 2013).

As duas turmas, denominadas de turmas A e B, possuem 40 alunos matriculados cada. No dia da aula e do questionário, as duas turmas somavam um total de 54 estudantes. 53 responderam o questionário e 1 se negou a responder o mesmo. Obs.: as informações sobre a escola foram retiradas do site da SEDUC-CE e o link se encontra na bibliografia e a quantidade dos estudantes foi obtida pela lista de frequência que passa nas salas de PRU.

5.2 O plano de aula

A elaboração do plano de aula constou de um projeto onde eu, professor-estagiário, busquei seguir uma série de critérios e exigências. Tal plano é de extrema importância, pois com ele conseguimos prever os recursos e objetivos da aula. Sobre Martinez e Oliveira, citado em Silva (2009):

“O planejamento é um processo de previsão de gestão de materiais e recursos humanos cuja intenção é atingir os objetivos concretos e prazos determinados em etapas definidas a partir do conhecimento e avaliação científica.” (Martinez e.t. a.l., 2009, p. 25)

Percebemos na citação apresentada que não há uma clara definição de um tipo específico de planejamento, podendo este ser relacionado a setores como indústria, meios de telecomunicação ou qualquer outro tipo de planejamento. Contudo, aqui nos referimos ao planejamento educacional. Para Menegola e Sant’Anna (2001):

“Planejar o processo educativo é planejar o indefinido, porque educação não é o processo, cujos resultados podem ser totalmente predefinidos, determinados ou pré-escolhidos, como se fossem produtos de correntes de uma ação puramente mecânica e impensável.” (Menegola e.t. a.l. , 2001, p. 25)

É pensando na ação da organização necessária para o processo educacional, como citado por Menegola e Sant’Anna, que definimos aqui alguns parâmetros para o planejamento e elaboração do nosso plano de aula. Nesse plano incluiremos: tema, objetivos, pesquisa textual, estratégia que conduza ao objetivo definido e avaliação de resultado, sendo o último verificado com o questionário aplicado em sala.

A aula dada, tendo como guia o plano de aula elaborado, constou de uma rápida introdução sobre os conceitos de música, incluindo comentários e questionamentos dos alunos que foram gradativamente respondidos no decorrer da mesma. Foi com a introdução que podemos perceber a curiosidade dos estudantes em relação à música. Muitos deles ainda não conseguiam relacionar a física à música. Após os comentários e questionamentos lançados e sugeridos pelos estudantes terem sido resolvidos, iniciamos com o conteúdo programático propriamente dito. Falamos sobre os conceitos físicos e equações citadas no anexo 1 deste trabalho.

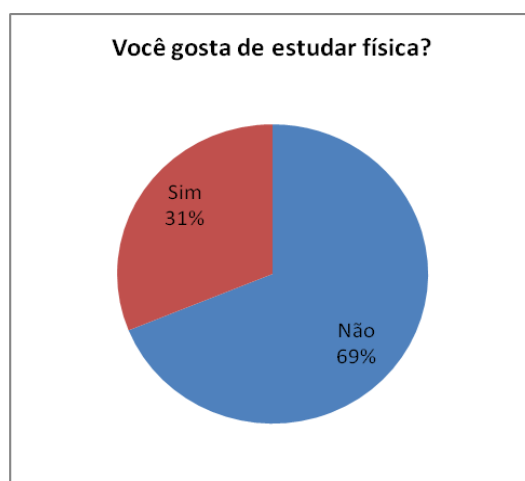
Por fim, e como era a nossa intenção, foi mostrado o instrumento musical escolhido; o berimbau. Foi com este que pudemos analisar a sua corda e a relacionar com os conceitos físicos aplicados teoricamente no quadro, analisando também a sua cabaça e a forma como o som se propagava no instrumento e no ar. A utilização do instrumento musical foi imprescindível para que eu, professor pudesse perceber o apreço que os alunos possuem em relação à musicalidade regional.

5.3 A avaliação da metodologia aplicada

Pelo guia para elaboração de trabalho de conclusão de curso e monografia da UNIABC, Santo André, 2008, uma enquete é uma estratégia de pesquisa com dados existentes que visa, por diversos meios (questionário, entrevista, observação, exame de documentos, etc.), à compreensão de uma situação ou fenômeno. No trabalho, utilizaremos um questionário criado para os estudantes da Escola Júlia Alves Pessoa, onde estes assistiram a uma aula sobre física da música seguindo o plano de aula deste trabalho (Anexo 1). O questionário completo também se encontra no anexo 2. Abaixo, seguem as questões e respostas dos 53 estudantes que responderam ao questionamento após a aula.

5.3.1 – A primeira questão do nosso questionário queria saber a quantidade de estudantes que gostavam ou não de física. A sugestão feita foi: quem gostasse de física respondesse a questão um e quem não gostasse, respondesse a questão dois. A resposta a seguir vem em forma de gráfico como segue:

Figura 5.1 - Relação entre os alunos que gostam ou não de física



Fonte: Dados da pesquisa em 24 de junho de 2013

Como era de se esperar, a maioria dos estudantes que participaram da pesquisa não gostavam de física. Apenas 31% das pessoas que responderam a enquete afirmaram que gostavam da disciplina.

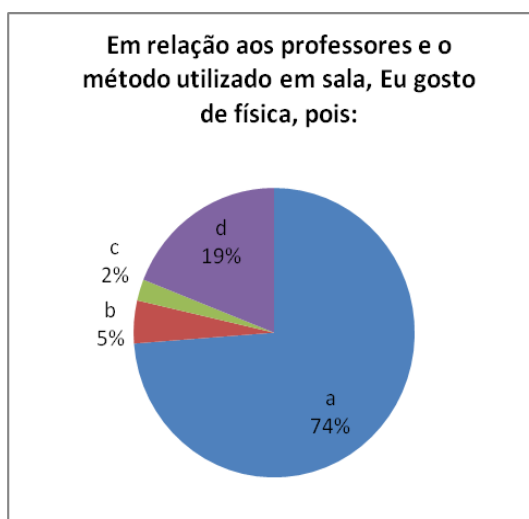
5.3.2 – Essa é a primeira questão para marcar a alternativa correspondente do questionário. Nessa questão eu pretendia avaliar a relação entre os professores a disciplina aplicada em sala de

aula e a resposta positiva de porque gostar de física. Para isso, 4 alternativas foram levadas em consideração. As alternativas são as seguintes:

- a. Os professores são divertidos e utilizam métodos novos de ensino para que eu possa aprender melhor a matéria.
- b. Os professores de física são uma inspiração na minha vida, pois estes são muito divertidos, porém não utilizam métodos de ensino novos.
- c. Os professores de física são uma inspiração na minha vida e utilizam métodos de ensino novos.
- d. Não tenho resposta sobre o assunto, pois os meus professores sempre foram tradicionais e nunca utilizaram qualquer objeto de ensino como, por exemplo, o laboratório.

Obtivemos as seguintes porcentagens de resposta:

Figura 5.2 – Gráfico que responde a pergunta sobre alguns motivos de porque gostar de física



Fonte: Dados da pesquisa em 24 de junho de 2013

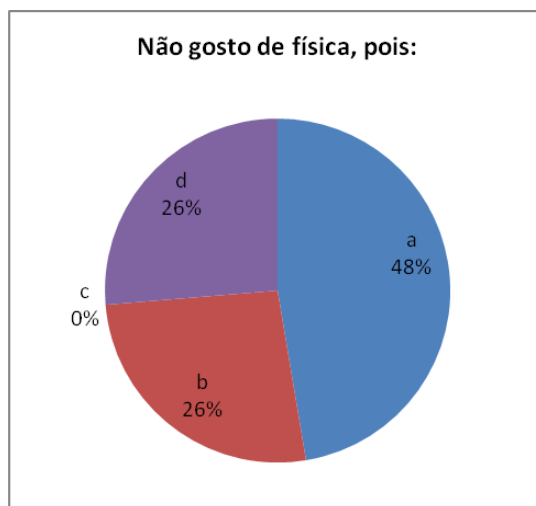
Percebemos que a grande maioria dos estudantes que gostam de física pelo fato de os professores serem divertidos e utilizarem métodos novos de ensino. Uma porcentagem interessante de se observar é que uma parcela desses estudantes de 19% apenas gosta de física, não levando em consideração o professor, fator que instiga até os professores mais tradicionais, porém que não é interessante quando comparado aos mais de 40 estudantes que gostam da física e relacionam esse gostar ao professor.

5.3.3. Nessa questão, pretendemos saber qual o principal motivo para que os alunos não gostem da disciplina aplicada. Para tal, lançamos os seguintes itens:

- a. A matemática influencia, pois não aprendi o suficiente no ensino médio.
- b. Os métodos de ensino utilizado nunca me chamaram atenção.
- c. Tanto a escola quanto os professores não influenciam positivamente para o meu aprendizado em física
- d. A disciplina é difícil e nunca entendo nada

A porcentagem de respostas encontradas para essa pergunta foi:

Figura 5.3 – Alguns motivos para não se gostar de física



Fonte: Dados da pesquisa em 24 de junho de 2013

Quase metade dos estudantes, 48%, relacionava o não gostar à física, pois admitia não ter aprendido o suficiente no ensino fundamental que pudesse auxiliar no ensino médio para a física. Uma constatação que nos permite verificar a dificuldade que os estudantes encontram quando vão relacionar à física e a matemática. A outra metade dos estudantes está dividida em não gostar de física, pois os métodos utilizados e a escola não influenciam positivamente para o estudo da disciplina.

5.3.4 – A pergunta três do questionário queria uma resposta em relação ao interesse da disciplina de física. A pergunta possui os seguintes itens:

- a. Muito Interessante
- b. Interessante
- c. Pouco interessante

d. Nenhum pouco interessante

Figura 5.4 – Opinião em relação ao ensino de física



Fonte: Dados da pesquisa em 24 de junho de 2013

Na resposta, 33% achavam a disciplina muito interessante, 56% achavam interessante, 9% achavam pouco interessante e apenas 2% achavam a disciplina nenhum pouco interessante.

5.3.5 – Qual o interesse que vocês dão aos conteúdos de física aplicados no ensino médio?

Figura 5.5 – Opinião dos estudantes em relação aos conteúdos aplicados



Fonte: Dados da pesquisa em 24 de junho de 2013

Agora, o que queremos saber é sobre os conteúdos de física que são aplicados no ensino médio. Também fizemos uma escala de muito interessante até nenhum pouco interessante como na questão anterior. Na questão, percebemos que a grande maioria da sala considerava os itens a e b como os mais cabíveis a pergunta. Somando, 86% das pessoas opinaram pelos itens a e b, enquanto apenas 14% achavam os conteúdos pouquíssimos interessantes. O item d não obteve qualquer resposta.

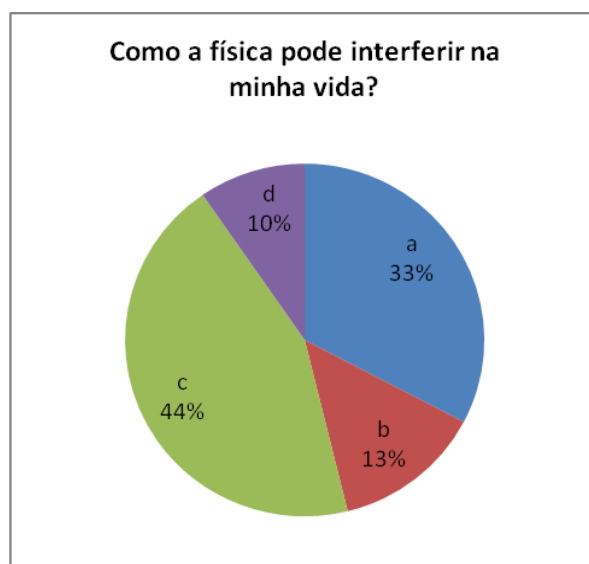
5.3.6 - Como a física pode interferir na minha vida?

A pergunta lançava itens simples onde os estudantes deviam escolher entre:

- a. Positivamente, pois eu posso adquirir habilidades que antes eu não poderia obter sem a física.
- b. É indiferente, pois nem sempre consigo compreender os conteúdos aplicados.
- c. Negativamente
- d. Muito negativamente

No gráfico a seguir analisaremos a porcentagem de respostas:

Figura 5.6 – Influência da física no cotidiano do estudante



Fonte: Dados da pesquisa em 24 de junho de 2013

Essas porcentagens da questão é algo preocupante. Apenas 33% dos estudantes acha que a física influencia de forma positiva, e todo o resto está dividido entre indiferente, negativamente e muito negativamente. O resultado a seguir está ligado a inúmeros fatores. Podemos citar a

dificuldade matemática que estes estudantes possuem como foi visto neste trabalho, a forma como os conteúdos de física são apresentados ou mesmo a falta de apressamento que a instituição pode tratar à física.

Esse primeiro conjunto de questões que pretendia analisar a forma como os estudantes de física viam a disciplina de vários ângulos, tanto em relação aos professores, como em relação aos professores como em relação aos conteúdos aplicados nos fazem perceber que ainda existe um longo caminho a trilhar com estes alunos para que estes possam gostar de física. O que nos preocupa realmente, é que essa geração de 53 alunos já saiu do ensino médio e infelizmente não terão mais a oportunidade de cursarem novamente a disciplina de física no ensino médio.

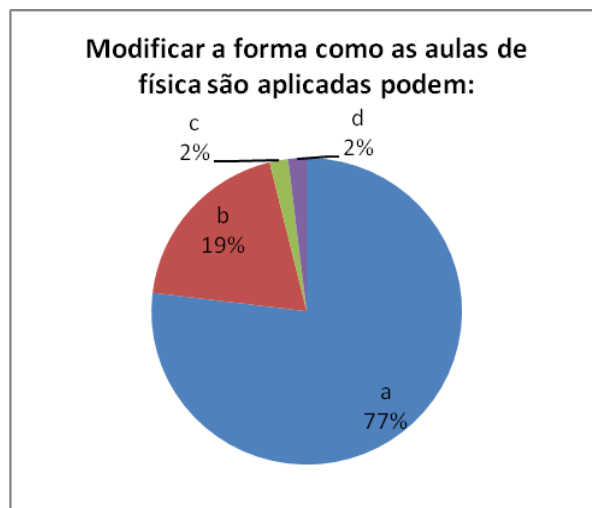
São muitas pessoas que não gostam de física, 70 % dos alunos possuem essa opinião, e outro dado preocupante é o de apenas 33% dos estudantes acham que a disciplina influencia de forma positiva na sua vida. Verificar essa defasagem do gosto dos estudantes é de crucial importância no tempo em que estamos, onde são estudadas novas possibilidades e tecnologias de ensino, podendo identificar o problema e estender o que foi visto para os estudantes que estão iniciando agora na física, como é o caso dos estudantes de 9º ano. Para os estudantes iniciais, agora é mais do que importante que a realidade, métodos e tecnologias de ensino serão modificados e utilizados para reverter o quadro que se encontra.

Nesse novo conjunto de questões, como foi explicitado, veremos a importância e aceitação que os estudantes dão a novos métodos de ensino aplicados em sala.

5.3.7 - Modificar a forma como as aulas de física são aplicadas podem:

- a. Fazer com que os estudantes aprendam melhor o conteúdo aplicado, pois novos métodos de ensino chamam atenção.
- b. Influenciar alunos a estarem mais focados no quadro
- c. Não é interessante, pois não gosto de novos modelos de ensino.
- d. Não tenho uma opinião formada, pois não gosto de estudar.

Figura 5.7 – Opinião dos estudantes quanto a modificações nos métodos tradicionais de ensino de física



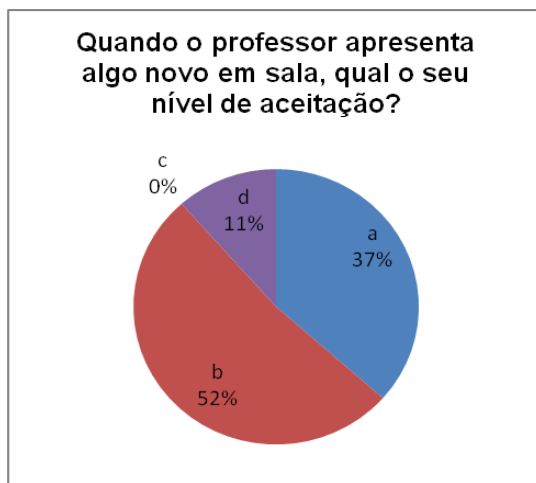
Fonte: Dados da pesquisa em 24 de junho de 2013

A aceitação dos estudantes a modificações na forma como o conteúdo é aplicado é satisfatória. 77% dos estudantes veem que novas metodologias de ensino pode fazer com que o conteúdo aplicado seja mais bem absorvido, enquanto que 22% relacionam uma nova tecnologia de ensino aos estudantes fazerem com que os estudantes estejam mais ligados ao quadro. 4% dos estudantes relacionaram uma nova metodologia de ensino como sendo desinteressante ou era indiferente já que não gostavam de estudar física.

5.3.8 - Quando o professor apresenta algo novo em sala, qual o seu nível de aceitação?

- Positiva, pois sei que o professor se preocupa comigo.
- Positiva, pelo fato de eu gostar de inovação.
- Negativa, pois eu não gosto de inovação.
- Não é negativa nem positiva.

Figura 5.8 – Aceitação do estudante para novidades em sala de aula

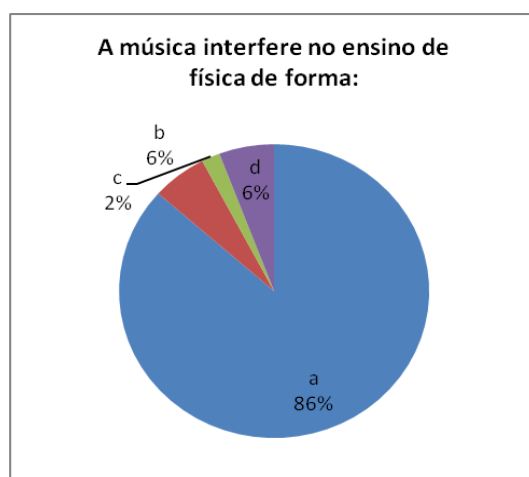


Fonte: Dados da pesquisa em 24 de junho de 2013

Das pessoas que responderam, a aceitação é positiva para 89% das pessoas, enquanto que 11% acham indiferente algo novo em sala de aula. É importante lembrar que a resposta do questionário foi feita após a aula, em que já havíamos utilizado o berimbau como exemplo de estudo e a aula aplicada foi interdisciplinar, falando sobre o som como arte e os componentes biológicos do corpo humano que estavam relacionados com a recepção do som pelo ouvido, não nos restringindo aos aspectos físicos.

5.3.9 - A música interfere no ensino de física de forma:

- Positiva, pois com algo que conheço me sinto mais confortável.
- Positiva, porém prefiro aulas clássicas.
- Negativa, pois não gosto de nada que envolva música.
- Negativa, porém gosto de música.

Figura 5.9 – Como a música pode interferir no ensino de física

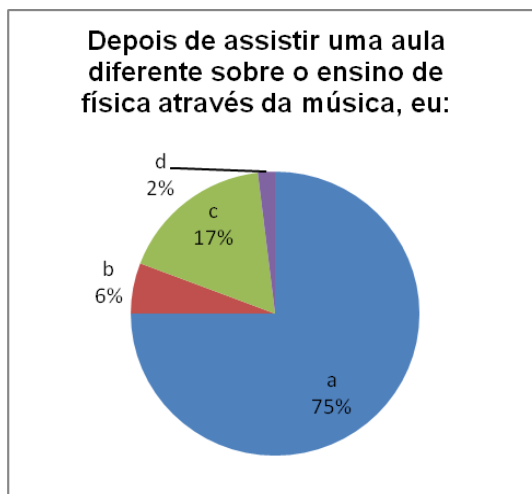
Fonte: Dados da pesquisa em 24 de junho de 2013

A resposta da questão oito do relatório foi muito gratificante após tudo o que foi construído e elaborado para a aplicação da aula. 86% dos estudantes acharam a aula gratificante e positiva visto que se sentiam mais confortáveis estudar com algo que eles já conheciam, enquanto apenas 6% achava positiva, porém preferiam aulas clássicas. O restante os seja, 8% achava negativa pela relação entre música e física.

5.3.10 - Depois de assistir uma aula diferente sobre o ensino de física através da música:

- a. Eu compreendi os conceitos aplicados e gostei da aula. Se sempre fosse assim, aprenderia mais.
- b. Eu gostei da aula, porém não gosto de musicalidade.
- c. Eu não gosto de física, porém gosto de música, por isso compreendi os conteúdos aplicados.
- d. Não gosto de física de forma alguma

Figura 5.10 – Aceitação dos estudantes após uma aula de física utilizando como objeto de ensino a música



Fonte: Dados da pesquisa em 24 de junho de 2013

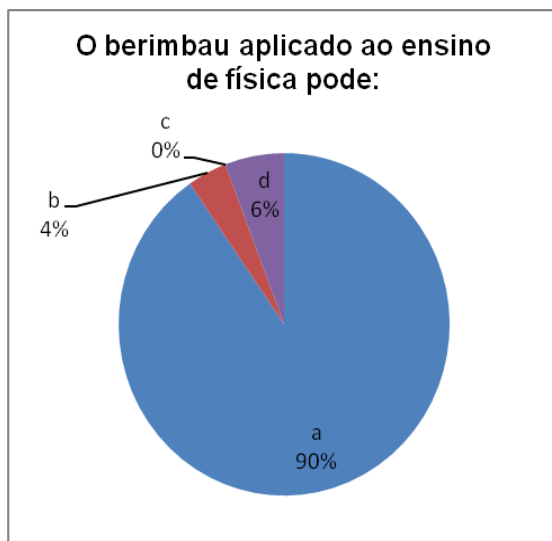
Nessa questão, as pessoas que admitiram compreender o conteúdo aplicado somaram 92%, resultado extremamente satisfatório para a nossa pesquisa, que foram os da letra a e c. Apenas 2% das pessoas disseram que de forma alguma gostavam de física, e os outros 6% gostaram da aula, porém não gostam de música.

5.3.11 - O berimbau aplicado ao ensino de física pode:

- a. Ajudar-me a compreender melhor os conteúdos de física, pois já ouvi falar no instrumento.
- b. Ajudar somente a pessoas que dançam capoeira
- c. Atrapalhar o ensino, pois não gosto de utilizar novos meios de aprender o conteúdo aplicado.
- d. Atrapalhar, pois não gosto de física.

Nessa questão, pretendo analisar a aceitação dos estudantes em relação ao instrumento utilizado. A porcentagem de respostas está no seguinte gráfico:

Figura 5.11 – Gráfico que mostra a aceitação do berimbau como objeto de ensino de física



Fonte: Dados da pesquisa em 24 de junho de 2013

Percebemos claramente que a aceitação do grupo em relação ao instrumento musical utilizado foi extremamente positiva, e que 90% dos casos aprovou a utilização dos instrumentos em sala, enquanto que 6% responderam que ajudaria somente a pessoas que dançariam capoeira, por obviamente possuírem uma relação direta com o instrumento. Apesar de que grande maioria da turma, 90% terem gostado, um dado preocupante é a respeito do gostar da física. 6% deixaram de gostar do instrumento pelo fato de não gostarem de física de forma alguma.

6. RESULTADOS E CONCLUSÕES

O presente trabalho abordou desde a apresentação de um trabalho mostrando os principais aspectos físicos do berimbau, instrumento musical de conhecimento da grande parte dos brasileiros e como foi uma experiência interdisciplinar envolvendo física e música. Um dos momentos mais gratificantes do nosso trabalho foi a aula dada nas turmas de Pré-Universitário da E.E.F.M. Dona Júlia Alves Pessoa, ao abrigo do projeto do Governo do Estado do Ceará PRU – Projeto Rumo a Universidade, onde foi aplicada uma aula de física da música abordando os temas citados na *Metodologia de Trabalho* página 29, parágrafo 3, em que pude perceber a empolgação dos alunos em relação ao tema aplicado.

Percebemos aqui que o planejamento do que se propõe se tornou imprescindível para que se possa aplicar o conteúdo da forma mais eficiente possível. Nos preocupamos principalmente com a forma como os conteúdos seriam apresentados e percebemos que não faz sentido um professor possuir uma vasta gama de recursos tecnológicos e experimentais se este não faz uma planificação e não faz uso deles em sala. Direcionar o aluno pelo melhor caminho da aprendizagem pode, além de fazer com que o estudante absorva mais conteúdo, crie um apreço pela física de uma forma geral.

Outra constatação óbvia é em relação à escola que estamos inseridos. A importância que a gestão dá às novas tecnologias de ensino e a possibilidade de o professor poder aplicar a sua aula da maneira planejada, obviamente possuindo uma base teórica consistente para tal aplicação faz com que as estratégias sejam realmente aproveitadas e repassadas. Analisar a qualidade de aula e convencer a gestão de que o que se aplica traz resultados significativos é de suma importância. Os resultados obtidos aqui não devem ser guardados apenas neste trabalho, se faz necessária a divulgação dos resultados e dos métodos; se faz necessária a discussão entre professor e gestão para que, após o diálogo, se possa perceber o quão importante algo novo se faz, não somente para a disciplina aqui escolhida, podemos abranger o que se construiu para diversas áreas de ensino.

Os estudantes aqui são o nosso alvo, assim sendo, analisar alguns aspectos da aula fez com que eu, professor, pudesse perceber os pontos positivos e negativos, podendo assim realizar mudanças que favoreçam a qualidade do que é aplicado aos alunos.

É claro, após a análise estatística, a satisfação que os estudantes de ensino médio regular possuem em relação a uma aula de física quando esta faz utilização de um tema que eles já estão em contato e possam apenas complementá-lo, como é o intuito de ensinar física partindo do pressuposto de que eles já possuem uma relação com a música e o instrumento musical utilizado.

Das pessoas pesquisadas, 90% aprovaram a utilização da música, resultado que me instiga afinal a qualidade e quantidade dos conteúdos absorvidos depende da aceitação dos alunos em relação ao tema. Uma pequena parcela dos estudantes, de 6% ainda é algo que se deve trabalhar arduamente para conseguirmos um resultado satisfatório. Esses estudantes alegaram que não gostavam de maneira alguma de física, por esse motivo qualquer método utilizado não influenciaria a forma como era vista a física. Os motivos para tal resposta dos 6% dos estudantes pode ir desde os professores, assim como o método de aula utilizado até os conteúdos prévios que não foram aprendidos no tempo certo.

Espero que esta monografia sirva como uma fonte de inspiração e pesquisa de professores de diversos níveis de ensino que envolva ciência e áreas interdisciplinares, acrescentando algo mais no processo de ensino aprendizado e excluindo a ideia de que não pode haver uma interdisciplinaridade entre a musicalidade e a física, fazendo com que estudantes de todos os níveis de ensino possam estar mais bem familiarizados com o tema a ser aplicado.

7. ANEXOS

7.1. ANEXO 1: PLANO DE AULA

Plano de Aula

Ensinando Física com o auxílio de instrumentos musicais

Santino Loruan Silvestre de Melo

Título: *Um apanhado geral sobre as propriedades básicas do som e a física que se encontra no berimbau.*

Objetivos

- Estudar as propriedades básicas do som
- Perceber determinadas características sonoras como: Timbre, altura e volume.
- Estudar e analisar a física por traz de um instrumento musical

Comentário

Sabemos que a experimentação deve está lado ao lado do conceito físico e que esta experimentação se torna ainda melhor quando está relacionada com objetos de aprendizagem que esteja ligado ao estudante (PCN, (), 2004). Foi partindo desse pré-suposto que percebemos a importância de em uma aula sobre o som, pudéssemos analisar um instrumento musical de conhecimento da maior parte dos estudantes; foi então escolhido o berimbau, visto que este faz parte da cultura brasileira e é extremamente difundido.

Estratégia

1. Apresentarei um questionamento inicial com perguntas que serão respondidas ao longo da aula e instigarão os estudantes a entrarem no assunto. Estas perguntas são:
 - 1.1. O que é som?
 - 1.2. Como o som é criado?
 - 1.3. Como conseguimos ouvir o som:
 - 1.4. O que é onda, qual seu formato e como ela se propaga no espaço?
 - 1.5. O que é um instrumento musical e como podemos analisar ele em uma perspectiva física?
 - 1.6. O que é *timbre*? E *altura do som*?
2. Responder as questões citadas e introduzir o conteúdo ao longo de resolução das questões. Ao se falar de ondas, falar sobre a sua velocidade, explicar o que é frequência e período e falar sobre a relação entre a velocidade do som em diferentes materiais.
3. Finalizar com a apresentação de um instrumento musical analisando a física por traz do instrumento. Analisar neste caso o berimbau, onde falaremos da física presente na corda e na cabaça e da função da cabaça.

4. Avaliação dos Resultados

Para a avaliação dos resultados utilizamos um questionário de 10 questões que pretende obter informações acerca do ensino aprendido de física quando este está relacionado a propostas de ensino inovadoras, no nosso caso, o ensino de física com um instrumento musical. São dois conjuntos de 10 questões; 5 sobre a aula e 5 sobre a utilização de um instrumento.

7.2. ANEXO 2: QUESTIONÁRIO

Enquete – Ensinando Física com o auxílio de instrumentos musicais

Santino Loruan Silvestre de Melo

Esta enquete pretende obter informações acerca do ensino aprendido de física quando este está relacionado a propostas de ensino inovadoras, no nosso presente caso, o ensino de física com instrumentos musicais. As cinco primeiras perguntas são para obter informações da maneira com que os estudantes interpretam e observam a disciplina de física e as cinco próximas quer obter informações da maneira que os estudantes respondem quando se impõe um método inovador de ensino, no nosso caso a musicalidade.

Se você gosta do ensino de física, responda a questão um, senão, pule e responda a dois.

- | | |
|---|--|
| <p>01. Em relação aos professores e o método utilizado em sala, Eu gosto de física, pois:</p> <p>a. Os professores são divertidos e utilizam métodos novos de ensino para que eu possa aprender melhor a matéria.</p> <p>b. Os professores de física são uma inspiração na minha vida, pois estes são muito divertidos, porém não utilizam métodos de ensino novos.</p> <p>c. Os professores de física são uma inspiração na minha vida e utilizam métodos de ensino novos.</p> <p>d. Não tenho resposta sobre o assunto, pois os meus professores sempre foram tradicionais e nunca utilizaram qualquer objeto de ensino como, por exemplo, o laboratório.</p> | <p>03. Qual a sua opinião a respeito do ensino de física?</p> <p>a. Muito Interessante</p> <p>b. Interessante</p> <p>c. Pouco interessante</p> <p>d. Nenhum pouco interessante</p> |
| <p>02. Não gosto de física, pois:</p> <p>a. A matemática influencia, pois não aprendi o suficiente no ensino médio.</p> <p>b. Os métodos de ensino utilizado nunca me chamaram atenção.</p> <p>c. Tanto a escola quanto os professores não influenciam positivamente para o meu aprendizado em física</p> <p>d. A disciplina é difícil e nunca entendo nada</p> | <p>04. Qual a sua opinião em relação aos conteúdos de física aplicados no ensino médio?</p> <p>a. Muito Interessante</p> <p>b. Interessante</p> <p>c. Pouco interessante</p> <p>d. Nenhum pouco interessante</p> <p>05. Como a física pode interferir na minha vida?</p> <p>a. Positivamente, pois eu posso adquirir habilidades que antes eu não poderia obter sem a física.</p> <p>b. É indiferente, pois nem sempre consigo compreender os conteúdos aplicados.</p> <p>c. Negativamente</p> <p>d. Muito negativamente</p> <p>06. Modificar a forma como as aulas de física são aplicadas podem:</p> |

- a. Fazer com que os estudantes aprendam melhor o conteúdo aplicado, pois novos métodos de ensino chamam atenção.
- b. Influenciar alunos a estarem mais focados no quadro
- c. Não é interessante, pois não gosto de novos modelos de ensino.
- d. Não tenho uma opinião formada, pois não gosto de estudar.

07. Quando o professor apresenta algo novo em sala, qual o seu nível de aceitação?

- a. Positiva, pois sei que o professor se preocupa comigo.
- b. Positiva, pelo fato de eu gostar de inovação.
- c. Negativa, pois eu não gosto de inovação.
- d. Não é negativa nem positiva.

08. A música interfere no ensino de física de forma:

- a. Positiva, pois com algo que conheço me sinto mais confortável.
- b. Positiva, porém prefiro aulas clássicas.
- c. Negativa, pois não gosto de nada que envolva música.
- d. Negativa, porém gosto de música.

09. Depois de assistir uma aula diferente sobre o ensino de física através da música

- a. Eu compreendi os conceitos aplicados e gostei da aula. Se sempre fosse assim, aprenderia mais.
- b. Eu gostei da aula, porém não gosto de musicalidade.
- c. Eu não gosto de física, porém gosto de música, por isso compreendi os conteúdos aplicados.
- d. Não gosto de física de forma alguma

10. O berimbau aplicado ao ensino de física pode:

- a. Ajudar-me a compreender melhor os conteúdos de física, pois já ouvi falar no instrumento.
- b. Ajudar somente a pessoas que dançam capoeira
- c. Atrapalhar o ensino, pois não gosto de utilizar novos meios de aprender o conteúdo aplicado.
- d. Atrapalhar, pois não gosto de física.

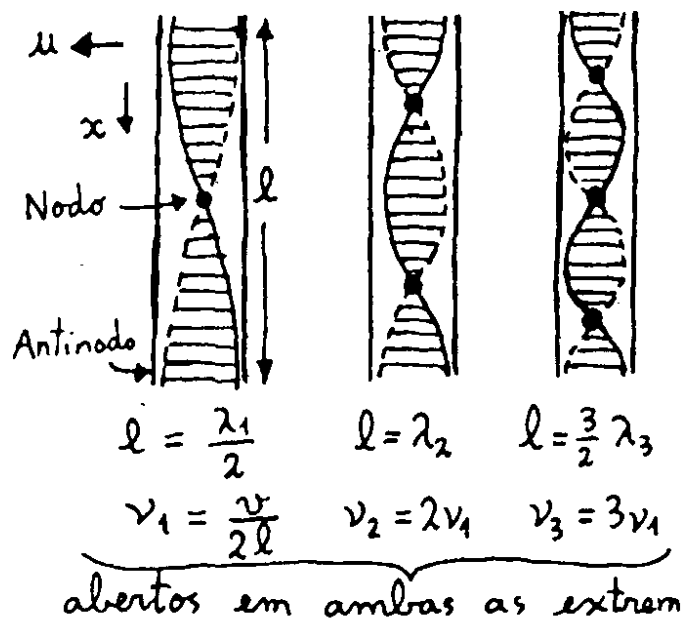
7.3. ANEXO 3: TUBOS

Faremos agora o estudo das frequências fundamentais de oscilação para os tubos, considerando dois casos. As duas extremidades abertas e uma extremidade aberta e outra fechada.

1. Tubo com as duas extremidades abertas

A seguir apresentaremos uma imagem para a visualização de um tubo com as duas extremidades abertas:

Figura 8.1 – Representação dos três primeiros harmônicos num tubo com as duas extremidades abertas



Fonte: Moyses, vol.2, p. 193

Nessa imagem temos um tubo com as duas extremidades abertas. Faremos a análise da relação entre o comprimento do tubo e o comprimento de onda existente no tubo. No tubo, desprezando efeitos de interferência e difração, quando temos apenas um nó dentro deste, dizemos que $n = 1$, observando claramente que o nó não pode se encontrar na extremidade de um tubo aberto. Quando $n = 1$, o comprimento de onda dentro do tubo é de $2L$, para $n = 2$, o comprimento é de L e para $n = 3$, o comprimento da onda é de $2L/3$ (Vilão, notas de aula, p.).

Analisando a relação entre as frequências e os comprimentos de onda obtidos com cada n dado, já que calculamos para 3 valores de n , em que n pode assumir valores de 0, 1,

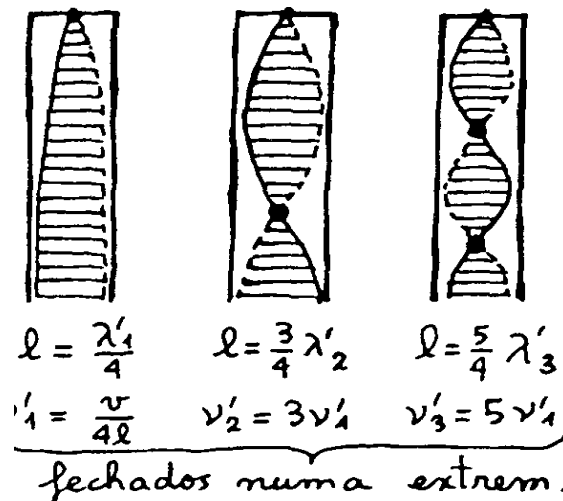
2, 3, ... (Vilão, notas de aula, p.17), podemos generalizar a equação e escrever da seguinte maneira:

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \Rightarrow f_n = n \frac{v}{2L} = nf_1$$

2. Tubo com uma extremidade aberta e outra fechada

Para que possamos compreender a relação entre frequências fundamentais de oscilação num tubo com uma extremidade aberta e outra fechada, faremos o estudo baseado na figura 5.

Figura 8.2: Representação dos três primeiros harmônicos para um tubo aberto em uma extremidade e fechado em outra



Fonte: Moyses, vol.2, p. 193

Analisaremos novamente a relação entre o comprimento do tubo e os respectivos comprimentos de onda que podem existir dentro desse. No tubo aberto em uma extremidade e fechado em outra, uma observação importante que devemos fazer é que o primeiro nó deve se encontrar na extremidade fechada do tubo e que na extremidade aberta se encontram os vales ou cristas (Amplitude máxima da onda). Nesse novo caso, percebemos que no primeiro exemplo, o comprimento de onda $\lambda/4$ equivale a L; no segundo, $3/4$ do comprimento de onda equivale a L, e no terceiro, $5/4$ do comprimento de onda equivale a L (Vilão, notas de aula, p.17). Percebemos da seguinte maneira que podemos obter uma relação direta entre os comprimentos de onda, l e n que se escreve como:

$$\lambda_n = \frac{4L}{2n-1} \Rightarrow f_n = (2n-1) \frac{v}{2L}$$

7.4. ANEXO 4: CORDAS E ONDAS ESTACIONÁRIAS

Consideremos uma corda presa nas duas extremidades, podemos até pensar que essa corda é uma corda de violão. Agora imagina que produzimos duas ondas senoidais, uma para a direita da corda e outra para a esquerda. Quando as ondas encontram os extremos, elas continuam a se propagar no sentido contrário, porém, invertidas. Ao se encontrar essas ondas interferem entre si, para certas frequências, tal interferência produz uma onda estacionária, com nós e antinós fixos. Uma onda estacionária desse tipo é gerada quando existe a ressonância e que a corda ressoa nessas frequências, chamada de frequência de ressonância (Halliday, vol.3, p. 136).

Suponhamos que a corda que estamos nos referindo aqui, presa nos extremos, sofre a ressonância e que se comporte segundo a figura 3 deste trabalho. Para a figura nós temos 4 casos. O primeiro, segundo, terceiro e quarto harmônicos como observamos. Nesse momento, desejamos encontrar a relação que se estabelece entre o comprimento L da corda e o seu respectivo comprimento de onda, para podermos encontrar uma relação geral para as frequências de ressonância da corda. Se analisarmos o caso da figura 3.a, a relação que conseguimos estabelecer é que o comprimento L corresponde a $\frac{1}{2}$ comprimento de onda. O segundo caso, figura 3.b, em que percebemos dois antinós informa que L corresponde a um comprimento de onda, no terceiro, L possui $\frac{3}{2}$ do comprimento de onda. Pelos casos, a onda estacionária em uma corda pode ser representada por:

$$\lambda = \frac{2L}{n}, \quad \text{em que } n = 1, 2, 3, \dots$$

E como sabemos a relação entre a frequência f , a velocidade da onda v e o comprimento de onda λ , podemos escrever:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{2L} \quad \text{em que } n = 1, 2, 3, \dots$$

O conjunto de todos os modos de oscilação possíveis é chamado de série harmônica, e n é chamado de número harmônico do n ésimo harmônico (Halliday, vol.3, p. 136).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MEC (Ministério da Educação), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + ENSINO MÉDIO: ORIENTAÇÕES EDUCACIONAIS COMPLEMENTARES AOS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS – CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS.** Brasília: MEC/Semtec, 2002.

DADOS DA E.E.F.M. JÚLIA ALVES PESSOA. Disponível em: <http://www.seduc.ce.gov.br/index.php/component/content/article/96-plametas/credes/375-sefor-regiao-05>. Acesso em 15 de Junho de 2013.

NORMAS PARA APRESENTAÇÃO DE DOCUMENTOS CIENTÍFICOS. Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas. 2ª Edição. Ed. Curitiba: Ed. UFPR, 2007.

PLANO DE AULA. Disponível em <http://educacao.uol.com.br/planos-de-aula/medio/fisica-som-propriedades-e-caracteristicas.htm>. Acesso em 25 de junho de 2013.

PLANO DE AULA. Disponível em <http://estagiario.org/ajuda/modeloplanodeaula.pdf>. Acesso em 25 de Junho de 2013

Cavalcante, João C. L. **FÍSICA E MÚSICA: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR.** Revista Amazônica de Ensino de Ciências. 2012.

França, Júnia Lessa; Vasconcelos, Ana Cristina de. **MANUAL PARA NORMALIZAÇÃO DE PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS.** 8ª Edição. Ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2007.
Galm, Eric. **THE BERIMBAU: SOUL OF BRASILIAN MUSIC.** University Press of Mississippi. Jackson. 2010.

HETCH, E. **ÓPTICA,** Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1991.

Isabel C. Adão. **GUIA PARA ELABORAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO E MONOGRAFIA,** UniABC. Biblioteca “Mário de Andrade”. Santo André – SP. 2008.

Kandus, Alejandra; Gutmann, Friedrich Wolfgang; Castilho, Caio Mário Castro de. **A FÍSICA DAS OSCILAÇÕES MECÂNICAS EM INSTRUMENTOS MÚSICAIS: EXEMPLO DO BERIMBAU.** Rev. Bras. Ensino Fís. vol.28 no. 4, São Paulo, 2006.

Kandus, Alejandra; Wolfgang, Friedrich Gutmann, and Carvalho, Caio Mário Castro de. **A FÍSICA DAS OSCILAÇÕES MECÂNICAS EM INSTRUMENTOS MÚSICAIS: EXEMPLO DO BERIMBAU.** Revista Brasileira de Física 28, 427 – 433. 2006.

Nussenzveig, Hersh Moysés, **CURSO DE FÍSICA BÁSICA II,** v. 2, 1981.

Oliveira, Ecílio Pires Júnior. **A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO DIDÁTICO PARA O USO DE NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA.** Trabalho de conclusão de curso – TCC. FORTALEZA – CEARÁ. 2012.

Passeron, P. B. Y. J. **LOS ESTUDIANTES Y LA CULTURA.** 1ª Edição. Ed. Barcelona: Labor, 1967. 170p.

Pietrecola, Maurício. **ENSINO DE FÍSICA: CONTEÚDO, METODOLOGIA EPISTEMOLOGIA EM UMA CONCEPÇÃO INTEGRADORA**. 2ª Edição. Ed. Florianópolis: Editora da UFCS, 2005. 236p.

Roederer, Juan G. **PHYSICS AND PSYCHOPHYSICS OF MUSIC**. 4th edition. Springer-Verlag. New York. 2008.

Rossing, D., Thomas and Fletcher, Neville, H. **PRINCIPLES OF VIBRATION AND SOUND**, 2nd edition. Springer-Verlag. New York. 2004.

Shaer, Kay. **O BERIMBAU-DE-BARRIGA E SEUS TOQUES (THE BERIMBAU AND ITS RHYTHMS)**. Ministério da Educação e Cultura do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 1976.
Shaffer, Kay. **O BERIMBAU DE BARRIGA E SEUS TOQUES**. 1977.

Veiga, I. P. A. **LIÇÕES DE DIDÁTICA**. 4ª Edição. Ed. São Paulo: Papirus Editora, 2009. 160p.

Vilão R. C. **NOTAS DE AULA FÍSICA DA MÚSICA**. Disciplina de Física da Música. Universidade de Coimbra. 2011.

Vilão R. C. Santino L. S. Melo. **BERIMBAU: A SIMPLE INSTRUMENT FOR TEACHING BASIC CONCEPTS IN THE PHYSICS AND PSYCHOPHYSICS OF MUSIC**. Universidade de Coimbra. 2013.

Villas Boas, V; Catelli, F; Bootha, I.A.S.; Giovanni Júnior, O.; Lima,I.G.; Sauer, L.Z. **CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: UM CURSO QUE PROPÕE NOVAS METODOLOGIAS PARA O ENSINO MÉDIO**. Disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0398-1.pdf> acessado em 26 de junho de 2013.