UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Física
Instituto de Química
Instituto de Biociências
Faculdade de Educação

O Som da Física

- a presença essencial da música no aprendizado da acústica -

Ricardo Chierecci

Orientador: Prof. Dr. Luis Carlos de Menezes

São Paulo

2013

RICARDO CHIERECCI

O Som da Física

- a presença essencial da música no aprendizado da acústica -

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Luis Carlos de Menezes

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luis Carlos de Menezes - IFUSP

Prof^a Dra. Maria Regina Dubeux Kawamura - IFUSP

Prof^a Dra. Maria Inês Nobre Ota - UEL

São Paulo

2013

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Chierecci, Ricardo

O som da física - a presença essencial da música no aprendizado de acústica.– São Paulo, 2013.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Luis Carlos de Menezes

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física (Estudo e ensino); 2. Acústica;
3. Música; 4. Ensino médio; 5. GREF (Grupo de Reelaboração
do Ensino de Física)

USP/IF/SBI-071/2013

*Aos meus pais, ao meu irmão e à minha
amada esposa por constituírem os alicerces
que sustentam minha existência.*

Agradecimentos

Especialmente agradeço à Professora Maria Regina Dubeux Kawamura que acompanhou e orientou, sempre com extrema competência e doçura, os primeiros passos deste trabalho que se iniciou durante o desenvolvimento da minha Monografia na graduação. Mas principalmente agradeço pelas sugestões dadas no exame de qualificação que contribuíram fundamentalmente para o rumo que este trabalho tomou.

Agradeço ao Professor Fernando Iazzetta pela importante participação no exame de qualificação, fazendo observações que foram fundamentais para a sequência deste trabalho.

Agradeço ao Professor Cristiano Rodrigues de Mattos por ser um grande incentivador das minhas ideias durante o curso de Produção de Material Didático e, conseqüentemente, colaborando muito para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a todos os professores e funcionários do Instituto de Física que de diferentes maneiras tiveram significativa participação nesta jornada.

Agradeço à direção do Centro Educacional ETIP, especialmente à Francisca, que sempre acreditou nas minhas ideias e disponibilizou todos os recursos necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos alunos do Centro Educacional ETIP que participaram brilhantemente do curso oferecido, demonstrando além de dedicação muito carinho e sabedoria.

Agradeço ao meu grande amigo Bruno pelo seu brilhante trabalho na criação das ilustrações do material.

Agradeço ao meu sogro Mário e minha sogra Dalva pelas palavras de carinho e incentivo durante todo esse tempo de trabalho.

Agradeço a todos os tios, tias, primos, primas, cunhadas e cunhados por compartilhar minhas alegrias e angústias durante esses longos anos de luta.

Agradeço a todos os meus amigos pelo incentivo e pelo carinho, proporcionando sempre momentos de muita alegria e sabedoria durante essa caminhada.

Agradeço ao meu pai José Carlos e minha mãe Joana por serem para mim o maior exemplo de dignidade, amor e sabedoria.

Agradeço ao meu irmão Humberto que sempre será, além de meu melhor amigo, o melhor professor que já tive.

Agradeço à minha esposa Patricia por estar sempre ao meu lado me incentivando, me confortando e, principalmente, fazendo com que cada dia mais eu aprenda o significado da palavra amor.

Finalmente, agradeço ao Professor Luis Carlos de Menezes por sua sábia orientação ao longo deste trabalho e por ser essa fonte inesgotável de inspiração para todos que acreditam, como eu, que a maior e melhor escola é a vida.

RESUMO

CHIERECCI, R. **O som da física - a presença essencial da música no aprendizado de acústica**. 2013. 224 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física – Instituto de Química – Instituto de Biociências – Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Para a ciência, som é uma onda mecânica, variação periódica da pressão do ar, mas para os jovens é sinônimo de música, cuja presença no seu cotidiano se reforça pela atual facilidade de acesso a recursos de comunicação, informação, registro e reprodução, o que não significa maior conhecimento significativo de música. O mesmo ocorre com a Ciência, pois a facilidade em encontrar informações científicas nas mais variadas fontes não corresponde a maiores conhecimentos científicos que os jovens em geral possuam. Uma integração entre a Física e a Música facilita a aproximação do ambiente vivencial dos alunos e de seus interesses com os saberes formais abrindo passagens nas fronteiras que separam a Arte da Ciência. Isso não se restringe à promoção de conhecimento científico, pois pode contribuir para uma formação cultural e musical, igualmente importante, reforçada com conhecimentos de acústica, pensando-se a escola como um espaço de formação humana ampla, de forma que a música não está “a serviço” do aprendizado da Física, nem vice-versa. Essa integração em termos de conteúdos foi buscada envolvendo jovens como partícipes ativos em um diálogo, no qual sua vivência teve papel efetivo. A partir do enfoque do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, o GREF, que originalmente não deu ênfase à relação acústica-música, foram desenvolvidos materiais de apoio para um ensino com essa perspectiva, e em seguida testados com aparente sucesso em algumas aulas. Procurou-se assim corroborar na prática a possibilidade de uma aproximação entre a Física e a Música e, portanto entre Arte e Ciência, como contribuição para se conceber uma escola mais preocupada com os jovens e sua cultura, sem abrir mão de sua qualificação formal.

Palavras-Chave: Ciência / Arte / Música / Física

ABSTRACT

CHIERECCI, R. **The Sound of Physics - the essential presence of music in the learning of acoustic**. 2013. 224 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física – Instituto de Química – Instituto de Biociências – Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

As far as science is concerned, sound is an acoustic wave, a periodic oscillation of air pressure, but for young people it is synonymous of music, whose presence in daily life is reinforced by today easy access to different resources of communication, information, register and reproduction, this does not mean an expressive knowledge of music. The same occurs with science, because the easy access to scientific information does not correspond to larger scientific knowledge that most people seem to have. An integration between Physics and Music narrows the path between the living environment of the students and their interest for formal learning paving the road on the frontiers that divide Art and Science. The aim of this connection not restricted to the promotion of scientific knowledge, but can as well contribute to the equally important cultural and musical education, reinforced by the understanding of acoustics, the school is thought in broader human terms, to which music is not to serve physics nor vice-versa. This integration, in terms of concept, was reached involving a group of youths in a dialog, in which their background had an effective role, as active participants. Based on the scope of the Physics Teaching Re-Engineering Group (GREF), which originally did not focus on the acoustic-music relation, didactic material were developed for teaching under this perspective, followed by some dry-runs with significant success in a few classes. The final target of taking advantage of the proximity of Physics and Music was reached and, as such, Art and Science, contributing to build a school more focused on the young people and their culture, not leaving behind their formal qualification.

Key words: Science / Art / Music / Physics

SUMÁRIO

1.	MOTIVAÇÃO E PERCURSO DO TRABALHO	10
2.	INTRODUÇÃO	17
2.1.	A Educação como transformação	17
2.2.	Por que e como Ciência e Arte	23
3.	FÍSICA E MÚSICA NA EDUCAÇÃO	30
3.1.	A Música e a Vida	30
3.2.	Leituras sobre Física e Música	32
3.3.	Análise de Materiais Didáticos	41
3.4.	O Material do GREF	47
4.	PROCEDIMENTOS E MÉTODOS	53
5.	PRODUÇÃO DO MATERIAL “FÍSICA DO SOM”	58
5.1.	Módulos e temas	59
6.	A APLICAÇÃO DO MATERIAL “FÍSICA DO SOM”	64
6.1.	Apresentação no XX SNEF – 2013	64
6.2.	Aplicação com alunos do Ensino Médio	65
6.3.	Comentários sobre a Aplicação	136
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	147
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149
	ANEXOS	157
	ANEXO 1	158
	ANEXO 2	205
	ANEXO 3	221
	ANEXO 4	223

MOTIVAÇÃO E PERCURSO DO TRABALHO

Durante os mais de dez anos atuando como professor de Física em escolas do Ensino Médio pude observar a dificuldade que muito alunos têm em entender a Física, relacionada à dificuldade em se interessar por ela. Possivelmente isso se relacionava à falta de consciência de que o estudo de Física pode estar associado a diversas outras formas de conhecimento que não apenas o científico, como as tecnologias, a literatura, a música, ou ao desenvolvimento tecnológico e cultural da sociedade em que vivemos.

Trabalhando nesse ambiente, onde professor, aluno e conteúdos disciplinares se encontram separados ou isolados, sempre me inquietou identificar as razões desse isolamento, buscando assim, caminhos para uma mudança. Sempre cogitei que a estrutura de ensino vigente talvez devesse ser discutida em conjunto (professores, alunos, sociedade), visando uma integração ou uma (re)ligação entre conhecimentos e práticas que se encontram fragmentados e isolados.

Assim, uma proposta de trabalho que relacionasse Física com outras áreas do conhecimento sempre esteve em meus planos desde que iniciei minha carreira de professor. Uma das dificuldades encontrada no desenvolvimento de um trabalho com essa característica estava na estrutura curricular encontrada nas escolas, que se caracteriza por ser primordialmente disciplinar na qual os conteúdos são, muitas vezes, aprisionados pela velha “grade curricular”, apresentados de forma desconexa do contexto sociocultural do aluno, levando a uma dificuldade na construção de significados.

Durante diversos momentos de meu trabalho docente pude perceber que os alunos tinham maior propensão a discutir e estudar conteúdos quando estes eram apresentados dentro de situações familiares ao seu contexto de vida. Quando se estabelecia a relação entre conceitos científicos e situações cotidianas como ouvir uma música ou trocar a resistência de um chuveiro, por exemplo, o ambiente de aprendizado era mais interessante tanto para os alunos quanto para mim como professor, já que com as discussões eu aprendia também. Mas isso, em minhas aulas ainda era excepcional e, por

vezes, durante uma aula expositiva e tradicional, os alunos queriam saber quando teríamos uma aula “diferente” como aquela.

Pensando em temas que poderiam fazer parte de um projeto de integração de conhecimentos, a música apareceu naturalmente. Minha ligação com a música já existe desde a minha infância. Muito antes de descobrir a Física, a música já servia de inspiração para meus pensamentos e teve papel fundamental na construção da minha personalidade. Quando comecei a aprender a tocar violão, aos onze anos, tive mais certeza de que a música faria parte da minha vida, mais do que um simples entretenimento, mas sim como uma forma de me comunicar com o mundo.

A concretização desse projeto de integração entre Física e Música se deu no curso de graduação em Física com a elaboração do meu trabalho de monografia. Anteriormente a isso, meus contatos com a Física e com a Música se deram separadamente. A Física após cursar o Ensino Médio, apareceu com maior intensidade no curso de Engenharia Química, que completei, exercendo a profissão de engenheiro por um ano, e posteriormente no curso de Física, para o qual fui atraído devido ao prazer que adquiri dando algumas aulas em um cursinho e em uma escola.

Vale lembrar que nos cursos de Engenharia e de Física a abordagem dos conteúdos foi primordialmente tradicional, dando ênfase quase que total em resolução de exercícios e elaboração de relatórios de experimentos. Paralelamente à minha vida acadêmica, a Música permaneceu como fonte de inspirações, emoções e esperança. Especialmente a esperança de mudar um cenário no qual já participei fazendo o papel de aluno e agora me encontro no papel de professor.

Nesse cenário senti que muito deveria ser mudado, iniciando-se pelo modo de serem considerados os indivíduos, seus personagens. O protagonista nessa história deveria ser o aluno, não o professor. A figura de transmissor de conhecimento atribuída ao professor deveria ser modificada. Não caberia ao professor ensinar e ao aluno aprender, mas sim, todos ensinariam e todos aprenderiam, numa relação integrada ao meio onde se encontram.

A construção do conhecimento deveria acontecer através das interações entre os indivíduos e o meio onde vivem, tendo como base fundamental o diálogo entre as partes. Assim, a fragmentação do conhecimento começaria a

ser superada, já que esse conhecimento não é uma propriedade particular do ambiente escolar, mas sim uma construção coletiva que pertence a todos os indivíduos que compõem a sociedade. Essas considerações, no entanto, eram relativamente abstratas, sem maior relação com minha prática, nem mesmo no que me tocava mais de perto que era meu duplo interesse pela música e pelo ensino de física.

Via a música presente no ambiente doméstico, social e escolar através dos dispositivos eletrônicos que podem armazenar e reproduzir com extrema facilidade um variado repertório musical. Mas na escola, via essa música difundida por esses aparelhos eletrônicos não somente ignorada, pela grande maioria dos professores, mas mesmo indesejada. Era um dos grandes vilões da sala de aula, ao “tirar a atenção” dos estudantes, para os quais a Física é muito menos interessante que essa música trazida à sala de aula pelos seus smartphones ou outros dispositivos.

Isso tudo me levou à busca que resulta agora na apresentação dessa dissertação, em que mais do que tomar a Física e a Música como objetos de estudo, mais do que uma simples apresentação de conceitos físicos e teorias musicais, pretende uma aproximação mais conceitual que coloque Ciência e Arte como componentes complementares e não dissociados do contexto sociocultural dos indivíduos.

Já no início do desenvolvimento deste trabalho senti a necessidade de um material que pudesse contemplar os conteúdos de Física presentes no estudo da Acústica, procurando associá-los ao cotidiano dos alunos. Desse modo, a Música despontou como um elemento natural nesse processo. A abordagem utilizada na apresentação dos conteúdos de Acústica encontrada maioria dos materiais didáticos utilizados nas instituições de ensino, privilegia o raciocínio lógico-matemático dando ênfase na apresentação de fórmulas e resolução de exercícios de aplicação direta dessas fórmulas, e quando há alusão à música isso se dá marginalmente.

Entrei em contato com uma abordagem que aproximava com a realidade dos alunos do Ensino Médio, no material produzido pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF). A proposta do GREF em aproximar a Física da realidade dos indivíduos de modo que o seu aprendizado se torne mais significativo e também mais dialógico, vem ao encontro dos pressupostos

iniciais deste trabalho. No entanto, analisando os materiais produzidos pelo GREF notei que a Física do Som, na acepção dos jovens, ou seja, a Física da Música não aparecia de maneira substancial. Desse modo, surgia então uma oportunidade para o desenvolvimento de um material que contemplasse o estudo da Acústica (Física do Som), possibilitando a inserção da Música como um elemento complementar a esse estudo, levando em consideração os pressupostos desenvolvidos no trabalho do GREF.

Esse material, desenvolvido por mim com orientação do Professor Luis Carlos de Menezes (Orientador), tinha como objetivo principal apresentar os conteúdos presentes no ensino de Acústica para o Ensino Médio, relacionando-os fundamentalmente com universo vivencial dos alunos e trazendo a Música como parte integral nesse processo, mas fui percebendo que o que fazíamos tinha outros paralelos ou trajetos análogos, talvez parcialmente inspirados nas mesmas fontes.

Por exemplo, há razões para crer que mais de um aspecto do que foi desenvolvido pelo GREF teve influência positiva até mesmo na formulação de políticas educacionais tais como os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais), que no que se refere às Ciências da Natureza foram coordenados pelo Professor Luis Carlos de Menezes. Não me surpreendeu assim ter identificado um tratamento da acústica em associação com a música em contato posterior com os cadernos produzidos pela Secretaria Estadual de Educação do Estado de São Paulo (SEESP), tendo o Prof. Menezes sido um dos formuladores da reforma curricular no ensino público estadual em São Paulo.

Em particular, no que se refere à Acústica, parte do que eu já havia desenvolvido na minha Monografia na graduação e mesmo no início dessa dissertação segue a linha semelhante à adotada pelos cadernos de acústica da SEESP, mesmo que eu não os conhecesse antes, mas possivelmente sob a mesma matriz de influência.

O processo de produção do material e sua aplicação prática em um curso denominado “O Som e suas Músicas” oferecido no XX Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e para uma turma de alunos de Ensino Médio serão apresentados ao longo deste trabalho, acreditando que ao final, essa experiência relatada possa também servir como uma ferramenta de apoio para professores de Física que buscam em sua prática profissional, diferentes

possibilidades de desenvolver seu trabalho em sala de aula, sempre buscando o aperfeiçoamento profissional e principalmente sua realização pessoal.

Em seguida ao presente capítulo de introdução, o capítulo 2 deste presente trabalho apresenta referenciais teóricos em que esta dissertação se apoia, principalmente, de Paulo Freire e Edgar Morin, para propor um olhar crítico sobre o ensino de Ciências, em particular o ensino de Física no Brasil, indicando possibilidades de abordagens que priorizam a construção do conhecimento baseando-se no diálogo entre os “personagens” do processo.

Nesse sentido, discute-se a importância de se trabalhar os conceitos a partir de uma visão global, ou seja, rompendo as barreiras disciplinares que isolam os conteúdos e promovem uma fragmentação dos saberes que impede que os alunos tenham uma visão do todo. Para romper essas barreiras disciplinares, propõe-se que as experiências vivenciais dos alunos sejam inseridas como conhecimentos imprescindíveis ao processo. Desse modo, o aluno passa de coadjuvante para protagonista no cenário proposto, fazendo com que o conhecimento passe a ser compartilhado pelos personagens (aluno e professor), criando um vínculo que transpõe o caráter pedagógico, passando a haver também um vínculo afetivo entre eles.

Com isso, apresenta-se o objetivo do trabalho, que tem como base as ideias discutidas anteriormente aplicadas ao ensino da Acústica. Para isso, utiliza-se a música como elemento central na discussão, já que ela participa da vida de todos os cidadãos devido ao seu caráter transformador, podendo servir como um poderoso elo entre os conhecimentos científicos presentes na Acústica e os conhecimentos “populares” trazidos pelos alunos com base em suas experiências diárias. A integração entre esses conhecimentos é proposta através da produção de um material sobre Física do Som que teve como principal referência os cadernos produzidos pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF).

A importância da Música na história da humanidade, bem como alguns trabalhos que relacionam Física e Música são os temas discutidos no capítulo 3. Mostram-se algumas possibilidades pedagógicas encontradas na associação entre Física e Música como alternativas na busca para o aprimoramento do processo ensino-aprendizagem.

São analisados também alguns materiais didáticos de Física para o Ensino Médio, procurando mostrar as abordagens e as ênfases dadas aos conteúdos de Acústica. Nesse sentido, encontra-se no caderno de Acústica produzido pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEESP) uma possibilidade interessante de apresentação da Física do Som.

Diferente dos materiais analisados, o caderno da SEESP procura trazer para as discussões uma abordagem que aproxima a realidade cotidiana dos alunos com os conceitos discutidos. Além disso, a presença de temas relacionados à Música demonstra uma diferença fundamental com relação aos outros materiais que praticamente ignoram as relações entre a Acústica e a Música.

Também neste capítulo faz-se uma breve apresentação da proposta elaborada pelo GREF, que procura desde o início de suas atividades, aproximar a Física dos alunos, buscando sempre tratar os temas apresentados com base nas experiências cotidianas dos alunos, criando assim um importante diálogo entre os integrantes do processo (alunos e professores) além de reforçar os laços afetivos entre os indivíduos e os saberes propriamente ditos.

O procedimento metodológico utilizado no desenvolvimento e aplicação do material sobre Física do Som produzido é apresentado no capítulo 4. O caráter qualitativo tendo como referência a pesquisa participativa norteou o processo de criação do material e sua posterior aplicação para uma turma de alunos do Ensino Médio. Neste capítulo discutem-se as principais características desse tipo de pesquisa bem como suas implicações durante todo o processo de concepção desse trabalho.

O capítulo 5 apresenta as motivações e intenções presentes no material produzido, visando dar um panorama geral de como o material foi concebido além das suas principais características.

O detalhamento de cada atividade proposta pelo material, bem como suas implicações durante a aplicação, é apresentado no capítulo 6. São descritos, com detalhes, todos os passos da aplicação do material para uma turma de alunos do Ensino Médio,

Analizando as virtudes e problemas encontrados ao longo da aplicação, apresentando-se assim algumas possibilidades de adição ou subtração de atividades, cria-se, no capítulo 7, uma abertura para que sejam discutidas

diferentes maneiras de utilização do material, visando sempre um aperfeiçoamento tanto metodológico como conceitual do material.

2. INTRODUÇÃO

2.1. A Educação como transformação

Já é praticamente de domínio comum, sem a necessidade de se recorrer a estatísticas oficiais ou a resultados comparativos de exames nacionais e internacionais, o fato de que ensino no Brasil está muito aquém das expectativas e necessidades do que seria uma educação de qualidade. Carências nas políticas públicas na área da educação, como formação dos professores insuficiente, a falta de recursos básicos nas escolas estão entre os fatores responsáveis pelo cenário atual da educação brasileira.

No ensino de Ciências, particularmente no ensino de Física, nota-se que grande parte dos alunos adquire certa aversão à Física desde as séries iniciais, devido à abordagem que supervaloriza o aspecto formal-quantitativo, centralizando suas metodologias no formalismo matemático descontextualizado e na memorização (SILVEIRA et al., 2007).

Tal tratamento, presente em grande parte das aulas de Física, provoca o afastamento dos alunos e também é encontrado na maioria dos cursos de graduação onde são formados os professores. Em sua formação, os professores são submetidos a metodologias tradicionais de resolução de exercícios e elaboração de relatórios com roteiros pré-estabelecidos e tendem a reproduzi-las em sua prática.

...a Física que é atualmente ensinada nas escolas, por ser muito abstrata e totalmente desvinculada da realidade vivencial, é uma Física que longe de instrumentar o estudante na apreensão e interpretação de sua realidade para uma intervenção crítica, passa a ideia de que ele é incapaz de aprender “essas coisas”, desestimulando assim qualquer intervenção consciente. Noutras palavras, é uma Física que contribui para o conformismo, pois não capacita para a ação. (SATIRO, 1989)

Mesmo datando de 1989, a citação anterior nos parece atual, ao passo que a Física que encontramos nas escolas atualmente não difere em sua essência da Física descrita por SATIRO há mais de vinte anos.

Magalhães (2011) reforça a ideia de que as respostas para as dificuldades educacionais, para a falta de sentido das propostas curriculares, para a apatia e para questões éticas que envolvem a vida em sociedade podem ser encontradas em estudos transdisciplinares, através de ações eficazes, permanentes e sustentáveis para a construção de um novo paradigma educacional.

A construção de um novo paradigma educacional não é questão unicamente brasileira, e deve estar associada a novas formas de pensamento. Morin (2002) propõe uma reorganização do saber como possibilidade de desenvolvimento de uma democracia cognitiva.

O desenvolvimento de uma democracia cognitiva só é possível com a reorganização do saber; e esta pede uma reforma do pensamento que permita não apenas isolar para conhecer, mas também ligar o que está isolado, e nela renasceriam, de uma nova maneira, as noções pulverizadas pelo esmagamento disciplinar: o ser humano, a natureza, o cosmo, a realidade. (MORIN, 2002)

Nesse sentido, a reforma do pensamento proposta por Morin é fundamental quando se trata de formar cidadãos que sejam capazes de dispensar a dominação dos especialistas de toda ordem, restringindo cada vez mais a competência dos cidadãos que se tornam reféns das decisões de alguns que se presumem sabedores.

A estrutura curricular presente nas escolas atuais é fundamentalmente disciplinar (dividida em disciplinas). Dessa forma, os conteúdos são apresentados de forma fragmentada e isolados de outros conteúdos (disciplinas) afastando cada vez mais o olhar dos alunos em relação ao todo.

A fronteira disciplinar, sua linguagem e seus conceitos próprios vão isolar a disciplina em relação às outras e em relação aos problemas que se sobrepõem às disciplinas. (MORIN, 2002)

Ao olhar a educação sob uma perspectiva transdisciplinar, o educador pode despertar em seus alunos uma nova visão acerca do conteúdo apresentado. Uma visão que implicaria na construção de significados que estão além de conceitos estanques e isolados do contexto sociocultural desses alunos.

A perspectiva transdisciplinar reafirma, constantemente, os processos de renovação da afetividade e da sensibilidade humana em sala de aula, legitimando atividades colaborativas através das quais o aprender implica em construir significados pessoais e, ao mesmo tempo, tecer redes de significado coletivo, exercitar a capacidade de resolver problemas, projetar, construir hipóteses e estabelecer relações. Reafirmando definitivamente a influência amorosa do professor perante o educando, o que motiva o prazer de aprender. (MAGALHÃES, 2011)

Uma proposta transdisciplinar deve estar fundada não somente na relação entre conhecimentos, mas também nas relações entre as pessoas. Nesse sentido, o papel do professor deve ser revisto. Mais do que “transmitir conhecimento”, o professor deve promover uma formação integradora, favorecendo o entendimento da complexidade do ser.

Entendendo que a relação estabelecida entre professores(as) e educandos constitui o cerne do processo pedagógico, cabe à formação construir conhecimento acerca desta realidade, que forneça os quadros de referência e orientações que articulem as várias dimensões humanas, sobretudo a afetiva e a sensível na formação dos professores(as), fazendo com que o docente compreenda a importância dessas dimensões em sua práxis. (MAGALHÃES, 2011)

As trocas coletivas estão impregnadas nas características e atitudes individuais de cada ser humano por mais individual que seja essa característica (RABELLO, 2007). Durante grande parte de nossa jornada diária, estamos interagindo com nossos familiares, amigos, colegas de trabalho, tanto pessoalmente com virtualmente.

A interação entre os sujeitos e sua realidade social com a finalidade do desenvolvimento pessoal e intelectual é enfatizada na visão de Paulo Freire.

Para Paulo Freire é preciso considerar a realidade social que está pautada na trama das relações e das correlações de forças que formam a totalidade social. É preciso perceber as particularidades na totalidade, porque nenhum fato ou fenômeno se justifica por si mesmo, isolado do contexto social onde é gerado e se desenvolve. (MARQUES, 2005)

Freire também propõe que a relação entre professor e aluno deve ocorrer de maneira dialógica e afetiva. Nessa relação pedagógica o professor transforma e é transformado, nesse sentido, cria-se então um vínculo forte de confiança, reforçando assim a importância da afetividade nesse tipo de relação (MAGALHÃES, 2011). O diálogo deve se dar horizontalmente entre as pessoas envolvidas, sendo para ele a forma mais segura para a educação e libertação de todos (MARQUES, 2005).

Para Freire o professor não é o único detentor do conhecimento, sendo os alunos também conhecedores, e mais, é necessário que o conhecimento tanto do professor como o do aluno seja compartilhado através de diálogos, criando possibilidades para a construção de significados. Nesse sentido, o professor deve organizar, sistematizar e acrescentar elementos ao conteúdo que foi entregue de forma desestruturada pelo aluno (SILVA, 2008).

Cabe aos educandos o papel de protagonistas no processo de ensino-aprendizagem. A educação deve servir como um meio que propicie a superação de suas imperfeições, ao passo que seu conhecimento é inacabado, não significando que eles sejam ignorantes, cabendo ao educador levar em conta o seu conhecimento relativo.

Se a inteligência é ativada e motivada pelo aspecto afetivo, aprendemos melhor quando vivenciamos a paixão do professor por seu ensino, quando gostamos da pessoa que nos ensina, quando somos valorizados como pensante, inteligente e capaz. O mestre que tem um brilho nos olhos contagia seus discípulos, e os professores que sentem essa paixão sabem valorizar seu ensino, não só ensinando os alunos a memorizar coisas que para eles não têm sentido, mas levando-os a atuar e pensar. (CAMARGO, 2007)

O ato de ensinar não deve ser entendido como o ato de “transmitir” conhecimento, mas sim possibilitar que o conhecimento seja construído durante o processo.

Um modelo de educação na qual o professor é o único elemento participante que detém o conhecimento e, através de uma narração, promove aos alunos a memorização mecânica do conteúdo narrado, é denominada por Freire (1987) como uma concepção “bancária” da educação. Segundo essa concepção, os educandos recebem os conteúdos como depósitos, guardando-os e arquivando-os, sem que a eles seja atribuído um significado.

Para que o educador possibilite uma construção significativa do conhecimento ele deve trabalhar de forma dialógica com o educando, pois o diálogo gera “movimento” na forma de pensar tanto do educando como do educador. O diálogo propicia uma relação de horizontalidade entre os indivíduos, ao passo que na educação bancária, segundo Freire, o educando é um elemento passivo no processo, onde o educador deposita o conhecimento de forma unidirecional, causando uma verticalização do discurso, limitando as possibilidades de um diálogo.

Educador e educandos se arquivam na medida em que, nesta distorcida visão da educação, não há criatividade, não há transformação, não há saber. Só existe saber na invenção, na reinvenção, na busca inquieta, impaciente, permanente, que os homens fazem no mundo, com o mundo e com os outros. Busca esperançosa também. (FREIRE, 1987)

Em contrapartida à educação bancária, Freire propõe a “educação problematizadora” ou “educação libertadora”. Nessa concepção de educação, educador e educando passam a estabelecer um constante diálogo e nesse sentido, o educador é educado enquanto educa ao passo que, o educando educa enquanto é educado, sendo que essa comunhão é mediada pelo mundo onde esses sujeitos se encontram (FREIRE, 1987).

A educação problematizadora propõe que o educando seja desafiado, e ao ser desafiado se sinta obrigado a responder a esse desafio. Essa busca por respostas implica em um constante questionamento da realidade, fazendo com que nele se desenvolva uma posição crítica em relação ao mundo.

Para Freire a função da escola é de educar para transformar. Essa transformação deve ocorrer nos educandos, nos educadores e também na sociedade (MARQUES, 2005).

Nota-se que, por vezes, o ambiente escolar é concebido pelos alunos como uma “prisão”, que limita o desenvolvimento de suas capacidades de comunicação e expressão, o que ressoa com a denominação “grade curricular”, cabendo aos intervalos e atividades fora da sala de aula os únicos momentos de interação e descontração.

A racionalização dos sistemas educacionais são a mais explícita apologia a uma humanidade emparedada, uma sociedade que se quer encarcerar nos muros que ela própria constrói. (UMEDA, 2011)

A educação não está limitada apenas ao ambiente escolar, porém cabe à escola possibilitar que o conhecimento adquirido através das experiências de vida de cada indivíduo seja refletido e sistematizado, tornando-se então, significativo para a vida e não apenas porque “cai na prova”.

A educação é a arena de arrastados embates humanos: é nela que tantas esperanças foram depositadas e quase todas arrasadas sob o peso do real. Cooptada por ideologias, instrumentalizada por interesses privados, sucateada por

descaso público, fragilizada pelo despreparo de seus agentes, desvalorizada pela incompreensão acerca de seu significado, burocratizada pelo aparelhamento escolar – já vimos e ouvimos sobre todas as mazelas que justificam seu fracasso. Porém, o destino humano é testemunha de algo extraordinário que se conduz em suas malhas e que não nos permite isolá-la conceitualmente como um equívoco de nossa espécie. Pois lá onde um diálogo se travou, onde duas pessoas se perceberam e, dessa forma, empreenderam a descoberta de si mesmos, a educação deixou sua marca. (UMEDA, 2011)

2.2. Por que e como Ciência e Arte

A música esteve em diversos períodos da história estimulando a imaginação e a criatividade das pessoas, além de ter despertado os mais diversos sentimentos, de caráter laico ou religioso. Da mesma forma, a ciência, durante muitos séculos, influenciou e influencia na vida em sociedade de diferentes maneiras, provocando fascínio como a música. Mas, enquanto a música é vivida e diretamente apreciada por quase todos, a ciência só é vivida indiretamente através das técnicas por muitos, e de fato apreciada somente por poucos.

Cada vez mais notamos a presença da música na vida cotidiana dos jovens. Essa presença se amplia principalmente pela facilidade do acesso aos atuais meios de comunicação e entretenimento. Essa facilidade de acesso aos mais variados repertórios musicais não significa que os jovens tenham um conhecimento vasto sobre música.

[...] embora estejamos o tempo todo imersos num mundo povoado por músicas de todas as espécies, a nossa relação com a música é algo extremamente difícil de ser formalizado e cuja compreensão se dá na esfera do sensível e do intuitivo. (IAZZETTA, 2001)

Do mesmo modo, isso ocorre com a Ciência. A facilidade em encontrar conteúdos e informações científicas nas mais variadas fontes, não condiz com o conhecimento que, geralmente, os jovens possuem sobre Ciência.

Os professores de Física podem refletir sobre suas práticas levando em consideração não só o conhecimento específico presente em suas disciplinas, mas também como esses conhecimentos podem se relacionar com outros, criando uma rede de saberes mais próxima da realidade cotidiana do aluno, proporcionando um aprendizado mais significativo e promovendo uma formação mais participativa.

Ao estudar os fenômenos existentes na produção de um som ou de uma música, percebe-se a infinidade de possibilidades desta produção. Conhecendo o comportamento do som e das fontes sonoras, o compositor, ou mesmo o ouvinte, pode se sentir mais próximo da música e passar a ter uma visão mais ampla do processo de produção musical.

Nota-se que o ensino de Acústica não recebe muita atenção durante a Educação Básica. Analisando materiais didáticos e currículos de Física para o Ensino Médio, nota-se que a Acústica Musical é um assunto ausente na maioria dos cursos (PEREIRA, 2010).

O presente trabalho tem como objetivo principal apresentar os conteúdos de Acústica, presentes no currículo de Física para o Ensino Médio, utilizando uma abordagem na qual as experiências vivenciadas pelo aluno ao longo de sua vida sejam utilizadas como parte do processo de aprendizagem, além de apresentar conceitos e experiências relacionadas à Acústica Musical e à Música propriamente dita, relacionando também esses conceitos com o contexto sociocultural em que eles estão inseridos e quais suas implicações na sociedade ao longo da história.

Essa integração da Ciência com outras áreas do conhecimento, como a Arte, pode motivar o aprendizado significativo de conceitos por parte dos alunos, motivando também os professores a diversificar suas metodologias e formas de abordagem dos conteúdos presentes no currículo escolar. Este tipo de integração pode criar possibilidades para o desenvolvimento do aprendizado, seja ele científico ou artístico.

Como possibilidade de apresentação desses conteúdos, foi produzido um material usando como referência a metodologia utilizada no projeto GREF

(Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). Analisando o material desenvolvido pelo GREF notou-se que os conteúdos de Acústica não foram efetivamente abordados, sendo somente tratados conceitos de ondulatória no material de Física Térmica e Óptica, e o estudo de elementos de sistemas de comunicação e informação como rádio, TV, gravadores e tocadores, no material de Eletromagnetismo.

Propõe-se que tais conceitos sejam apresentados e discutidos sob uma perspectiva dialógica, tirando o professor do papel de transmissor do conhecimento e o aluno como receptor do mesmo, proporcionando um ambiente colaborativo onde todos aprendem e todos ensinam, sendo o professor um organizador do conhecimento. Nesse sentido, é fundamental que o professor de Física conheça tanto os conceitos físicos presentes nos fenômenos acústicos como alguns dos conceitos presentes no estudo da música (nota, escalas, estilos musicais, etc.).

A música pode despertar sentimentos nas pessoas, mesmo elas não tendo conhecimento dos fenômenos físicos presentes em sua produção, mas ao se tomar conhecimento destes fenômenos físicos, pode-se ampliar o prazer de ouvi-la e aprendê-la.

A compreensão da música para além do fenômeno estritamente sonoro, ou como uma forma de pensamento analógico, ou ainda como conhecimento que possui ao mesmo tempo características míticas e lógicas, são alguns aspectos que podem fundamentar projetos de integração da música na escola. (GRANJA, 2006)

Ao demonstrar conceitos físicos presentes no estudo da Acústica e relacioná-los com situações presentes no cotidiano do aluno, espera-se que ele se sinta mais estimulado para o aprendizado, como colocam os PCNs:

O tratamento contextualizado do conhecimento é o recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo. Se bem trabalhado permite que, ao longo da transposição didática, o conteúdo do ensino provoque aprendizagens significativas que mobilizem o aluno e

estabeleçam entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade. (BRASIL, 2000, p. 78)

A utilização de metodologias diferenciadas pode estimular professores, alunos, coordenadores e diretores de escola a abrir seus horizontes às novas formas de aprendizagem, fazendo com que os alunos se sintam motivados a produzir e aprender coisas novas, criando assim um ambiente mais favorável para o ensino. Gabriela Rabelo em seu texto “Entre o pepino e o jiló”, cita (MATOS, 2003):

De um modo geral, devemos reconhecer que nosso sistema de ensino formal não prima pelo exercício da imaginação e da expressão do aluno. A imaginação, passível de ser treinada, ativada, estimulada, é deixada de lado e não se valoriza a imensa contribuição que ela pode trazer para o processo de aprendizado. (MATOS, 2003)

Estamos na era da tecnologia e podemos fazer uso crescente dela, buscando cada vez mais a excelência de nosso trabalho como educadores, estimulando os jovens a, por meio delas, buscarem novas formas de aprendizado.

Há necessidade que os alunos percebam finalidades nos seus momentos atuais de estudo, que sintam que estão de fato aprendendo algo útil, que a escola lhes está acrescentando a cada dia e os aguarda no dia seguinte com coisas mais interessantes para a qual possam debruçar com interesse e satisfação. (PEREIRA, 1995)

Com a associação desses conceitos físicos com a música presente na vida dos alunos, procura-se despertar neles um interesse a mais em aprender tais conceitos, além de estimulá-los a ouvir e aprender música:

O contexto que é mais próximo do aluno e mais facilmente explorável para dar significado aos conteúdos da

*aprendizagem é o da vida pessoal, cotidiano e convivência.
(BRASIL, 2000, p. 81)*

Demonstrar para o aluno que toda a Física faz parte de seu contexto sociocultural, não só a Acústica, possibilita a criação de um vínculo mais significativo durante o processo de aprendizagem:

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, seja através da visita a museus, planetários, exposições, centros de ciência, seja por meio de um olhar mais atento a produções literárias, peças de teatro, letras de música e performances musicais. Cada vez mais elementos do mundo científico, sua linguagem e principalmente a visão de mundo que o traduz estão presentes num amplo conjunto de manifestações sociais. Da mesma forma, as questões relativas ao desenvolvimento tecnológico e ao desenvolvimento econômico, em diferentes níveis, acompanham o dia-a-dia da vida contemporânea e frequentemente podem ser analisadas na perspectiva do conhecimento científico. (BRASIL, 2000, p.82)

A arte e a ciência estão diretamente ligadas, mesmo que a concepção sobre o artista e sobre o cientista seja significativamente diferente para a grande parte da população. A aproximação da arte e da ciência pode abrir novas possibilidades artísticas e tecnológicas na imaginação dos alunos, fazendo com que sua criatividade e imaginação sejam estimuladas positivamente.

Se na antiguidade essas duas formas de conhecimento eram indissociáveis, hoje há uma clara separação entre arte e ciência gerando uma concepção falaciosa segundo a qual a ciência seria produto exclusivo do pensamento racional, e a arte, do pensamento mítico, onde prevalece a imaginação, a intuição, a sensibilidade. (GRANJA, 2006)

É preciso demonstrar que arte e ciência são produtos da inteligência humana e que a integração entre elas pode promover um desenvolvimento do aprendizado, seja ele científico ou artístico.

Tanto a ciência como a arte são formas simbólicas que buscam criar uma significação do mundo e da vida. O que as diferencia, essencialmente, são as formas de expressão e percepção. (GRANJA, 2006)

Com base nisso, foi desenvolvido um material que procura integrar esses saberes (Física e Música) de modo que seu aprendizado pudesse ser mais significativo e prazeroso para os alunos. Tal material contempla os principais conceitos presentes no conteúdo de Acústica a serem desenvolvidos para o Ensino Médio, mas procura não só discuti-los de uma forma verticalizada, na qual o professor “transmite” as informações e os alunos reproduzem o que foi apresentado resolvendo mecanicamente exercícios propostos. A apresentação dos conceitos de Física como verdades absolutas e não como uma das várias formas de interpretar a natureza, também consiste em um problema para interpretação crítica desse conteúdo (SATIRO, 1989).

Como propõe a metodologia GREF, o aluno deve ser protagonista no processo de aprendizagem, participando efetivamente no desenvolvimento dos conteúdos. Assim, esse material desenvolvido procura trazer as experiências pessoais dos elementos participantes (alunos e professor), proporcionando um ambiente de diálogo e reflexão entre os indivíduos.

Pelo fato do aluno não saber Física mas não desconhecer totalmente, uma vez que faz uso de conhecimentos adquiridos como “senso comum”, partir da vivência diária permite, além do diálogo, estabelecer uma continuidade entre a experiência fragmentada e a sistematização em sala de aula. Assim sendo, o processo de aprendizagem inicia-se com uma necessária participação do aluno que só é possível se o conteúdo tiver significado para ele, ainda que o processo de aprendizado pretendido vá ser completado ao ser dado o salto conceitual para o conhecimento formal abstrato, instrumental universal

para a interpretação do mundo natural, social e tecnológico.
(SATIRO, 1989)

O material produzido foi apresentado em um curso denominado “O Som e suas Músicas” oferecido no XX Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) realizado em janeiro de 2013 em São Paulo e posteriormente, foi utilizado em um curso ministrado por mim para um grupo de alunos do Ensino Médio de uma instituição de ensino particular do município de Santo André - SP. Serão discutidas ao longo do trabalho as implicações dessas apresentações, assim como as virtudes e deficiências identificadas tanto no material como na minha própria atuação como professor do curso.

3. FÍSICA E MÚSICA NA EDUCAÇÃO

3.1. A Música e a Vida

A descoberta de papiros egípcios datados de 1500 a.C. pelo antropólogo inglês Flanders Petrie por volta de 1899, mostra referências ancestrais da ação ritual da música. Aqueles papiros remetem ao “encantamento” que a música produzia sobre as mulheres, estimulando sua fertilidade. Também na Bíblia (I Samuel 6,23) é possível identificar um relato de aplicação terapêutica da música; no caso, David tocava sua harpa para afastar o espírito do mal que se apoderava de Saul (SEKEFF, 2007).

Já a aproximação da música com a educação e a filosofia se deu na Grécia antiga (séc. VIII a.C.), influenciando de maneira definitiva o mundo ocidental e promovendo um desenvolvimento tanto na filosofia como no pensamento científico e matemático (GRANJA, 2006).

Dotados de conhecimentos específicos, os gregos valorizavam sobremaneira a arte musical. Ela era usada para curar, para prevenir doenças, males físicos e mentais, para colaborar na educação dos jovens, além do que se dava como certo que ela também apaziguava o estado de excitação sexual das mulheres cujos maridos estivessem ausentes, doentes, na guerra ou mortos (SEKEFF, 2007).

Ao longo da história a música influenciou o comportamento humano tanto religiosamente como física e psicologicamente. Pode-se arriscar a dizer que história da música se confunde com a história da humanidade interferindo de maneira singular nas suas mais diversas áreas de atuação.

Apesar de constituir, sem dúvida, um dos domínios das artes formais, aquele campo específico da cultura humana na qual se estabelece por convenção um cânone de obras que representam as “mais elevadas” funções simbólicas da humanidade, a música pertence simultaneamente a diversos

outros aspectos do mundo vivido. Está desde sempre instalada no homem, como uma de suas características imanentes (UMEDA, 2011).

Deste modo, evidencia-se a importância da música na vida dos indivíduos como um elemento fundamental para o desenvolvimento de suas capacidades emotivas e cognitivas, justificando assim, sua utilização no ensino.

No caso deste trabalho, a música não significa um pretexto para se ensinar Física, pois a música, agente incontestável no desenvolvimento humano, deve ter papel essencial na apresentação dos conceitos de Acústica.

A música, como algo que é, em sua essência, existência e contexto, se justifica no currículo escolar não só por sua utilidade, mas principalmente por sua função transcendente e humanizadora. A verdadeira aprendizagem artística ocorre quando o aluno é despertado para a capacidade de se admirar com o mundo, quando passa a ter olhos e ouvidos que veem e ouvem a beleza muitas vezes oculta (CAMARGO, 2007).

Essa “beleza oculta” citada por CAMARGO pode ser encontrada na Física quando observamos o universo de fenômenos físicos que nos rodeia com a “lente” da curiosidade. Nesse sentido, uma situação corriqueira de nosso dia-a-dia, como assobiar uma melodia, por exemplo, passaria a ter um maior significado ao entendermos a diversidade de fenômenos físicos presentes nessa pequena ação.

Entender a música como sendo não só uma manifestação artística, mas também uma manifestação científica pode proporcionar um aumento significativo nas possibilidades de interpretação e apreciação desta que é uma das mais antigas manifestações da humanidade.

São fenômenos de outra ordem, dos quais a música se aproxima, ao oferecer o modelo de um universo concebido como pura energia, cuja densidade é dada pela interpretação do movimento. A estrutura subatômica da matéria também pode fazer com que seja concebida como uma enorme e

poderosa densificação do movimento. A música traduz para a nossa escala sensorial, através de vibrações perceptíveis e organizáveis das camadas de ar, e contando com a ilusão do ouvido, mensagens sutis sobre a intimidade anímica da matéria. E dizendo intimidade anímica da matéria, dizemos também a espiritualidade da matéria. A música encarna uma espécie de infraestrutura rítmica dos fenômenos (de toda ordem) (WISNIK, 2007).

A Acústica apresentada no curso de Física do Ensino Médio tem como característica principal a utilização de modelos matemáticos associados aos fenômenos ondulatórios, fato este que contribui para o desinteresse dos alunos em relação a este assunto. A inserção da música neste processo pode promover a aproximação de saberes que muitas vezes são vistos pelos alunos, e mesmo por muitos professores, como independentes e desconexos um do outro.

É preciso ressaltar que a organização do conhecimento escolar ainda se fundamenta no conhecimento objetivo, de caráter explícito, ignorando a importância do conhecimento tácito e dos processos perceptivos na aprendizagem dos alunos. Acreditamos que a música pode contribuir para reequilibrar as dinâmicas de aprendizagem na escola, aproximando, de um lado, o tácito do explícito, e de outro, o perceptivo do cognitivo (GRANJA, 2006).

3.2. Leituras sobre Física e Música

Antes de iniciar a produção do material sobre a Física do Som, baseando-se nos textos produzidos pelo GREF, foi fundamental entrar em contato com produções que relacionassem a Física com a Música, já que esse seria o caminho a ser traçado. É importante salientar que cada autor estudado teve sua importância para o desenvolvimento deste trabalho, sendo que, de maneira distinta, cada um deles serviu como referência bibliográfica, porém

mais do que isso, todos eles contribuíram como fonte de inspiração para que eu continuasse minha caminhada, diante da demonstração de empenho e dedicação para a transformação do panorama educacional e social vigente no Brasil.

O livro *“Musicalizando a escola: música, conhecimento e educação”* (GRANJA, 2006) trata de forma bastante detalhada e interessante, a relação existente entre a música, o conhecimento e a educação. De forma bastante didática e ao mesmo tempo profunda, o autor disserta sobre a origem da música e sua “evolução” durante os tempos, sempre fazendo uma ponte com a educação em cada momento da história. Em seu livro, Granja propõe diversas atividades que podem ser aplicadas na sala de aula e que abordam diversas disciplinas. Uma dessas atividades, denominada “Ouvindo as Equações”, foi realizada durante as aulas de matemática com alunos do segundo ano do ensino médio, e relacionava as ondas sonoras, que eram visualizadas através de um programa de computador, com os sons que eram produzidos, podendo os alunos, modificarem parâmetros das funções das ondas e ouvirem quais mudanças sonoras ocorriam. Em sua conclusão, o autor fala da importância de se olhar para o indivíduo como um cidadão e não como um simples aluno:

[...] são pessoas, e não disciplinas que devem orientar as ações da escola. A integração da música na escola deve contribuir, em última instância, para o pleno desenvolvimento dos projetos pessoais e coletivos dos alunos. Para isso, não basta somente promover a aquisição de um conhecimento estritamente conceitual. É preciso ir além dos conceitos e também propiciar condições para o desenvolvimento da percepção e dos sentidos. Ensinar a ver, ouvir, dançar, cantar, desenhar, etc. Enfim, harmonizar os saberes na escola. (GRANJA, 2006)

Escrito de forma quase poética, o livro *“O Som e o Sentido – Uma outra história das músicas”* (WISNIK, 2009) propõe um olhar menos acadêmico e mais sensorial sobre a música e suas implicações nos seres humanos, de acordo com o autor: “um esboço de uma história da linguagem musical”. Os

conceitos físicos presentes no som são discutidos, porém sempre relacionados à produção musical e a significados relativos às diferentes culturas e épocas.

[...] a música não refere nem nomeia coisas visíveis, como a linguagem verbal faz, mas aponta com uma força toda sua para o não-verbalizável; atravessa certas redes defensivas que a consciência e a linguagem cristalizada opõem à sua ação e toca em pontos de ligação efetivos do mental e do corporal, do intelectual e do afetivo. Por isso mesmo é capaz de provocar as mais apaixonadas adesões e as mais violentas recusas. (WISNIK, 2007)

Em seu livro, Wisnik apresenta uma série de exemplos sonoros encontrados em um CD que acompanha o livro, para que o “leitor-ouvinte” acompanhe o percurso conceitual do livro através de um percurso sonoro.

Uma das propostas deste trabalho é trazer para dentro da sala de aula do Ensino Médio essa integração entre a Física e a Música, acreditando que até mesmo os alunos que inicialmente não se interessam por Física, principalmente devido à abordagem tradicional apresentada em grande parte das escolas, possam se sentir mais atraídos por ela, levando em conta não só o conhecimento científico presente no estudo, mas também a sua formação cultural como cidadão, tomando como referência as palavras do Professor João Zanetic:

[...] é minha convicção de que a física deve participar da formação cultural do cidadão contemporâneo, independente das eventuais diferenças de interesses individuais e das mais variadas motivações acadêmicas e/ou profissionais. (ZANETIC, 2006)

Em seu trabalho, ZANETIC discute a utilização de atividades interdisciplinares envolvendo física e arte, tendo como referência, letras de músicas que abordam temas ligados à ciência. Ao mesmo tempo, discute os aspectos históricos e epistemológicos existentes entre essas duas culturas e critica as medidas educacionais adotadas atualmente no Brasil.

Outro trabalho que discute como a presença da ciência e seus impactos na vida moderna influenciaram alguns artistas e suas músicas é o trabalho *Música e Ciência: Ambas filhas de um ser fugaz* (MOREIRA; MASSARANI, 2007). O trabalho faz uma análise de como temas de ciência surgem nas manifestações das artes populares, particularmente na música brasileira, buscando mostrar dentro de um contexto histórico, a possibilidade da utilização desses materiais para uso didático ou como divulgação científica.

O artigo “*Propostas para o Ensino de Ondas e Acústica Utilizando Música e Instrumentos Musicais*” (LOPES, BELLAN; TAGLIATI, 2005) baseia-se na natureza musical do Homem e se apropria da concepção construtivista do conhecimento, para propor uma maneira prática e eficiente de ensinar conceitos de física do som para alunos do segundo ano do ensino médio. Visando contribuir para a redução da aversão dos alunos em relação aos conteúdos de física, propôs-se uma atividade sobre música e instrumentos musicais intitulada: “A Física dos Instrumentos Musicais”. Nesta atividade são apresentados aos alunos alguns instrumentos musicais tais como: violão, violino, contra-baixo, percussão, flauta, berrante, e algumas peças do Museu Dinâmico de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Ao final, os autores perceberam que alguns dos alunos que possuíam conhecimentos musicais tiveram maior interesse em aprender os conhecimentos científicos relacionados ao tema e que, os alunos necessitam de mais atividades como esta para aproximar o conhecimento científico do conhecimento cotidiano.

A relação Matemática-Música também é discutida no livro “*Matemática e Música – O pensamento analógico na construção de significados*” (ABDOUNUR, 2006). Utilizando a história da matemática e da música, o autor propõe um “passeio numérico/sonoro”, buscando mostrar como conceitos relacionados à matemática e à música surgiram através os tempos, ressaltando a importância do pensamento analógico na (re)construção de significados, propondo uma integração entre a razão e a emoção. O autor propõe diversas atividades didático-pedagógicas relacionadas aos temas discutidos, visando estreitar a relação cognitivo/afetiva do aluno, criticando a estrutura educacional atual que prioriza o raciocínio lógico-matemático e inibe cada vez mais as manifestações criativas dos alunos.

Precisa-se estimular a emergência de distintas capacidades intelectuais abrindo canais adequados à manifestação dessas aptidões e oferecendo solo fértil cognitivo/afetivamente, a fim de evitar deficientes intelectuais em determinadas competências gerados muitas vezes por falta de estímulo a capacidades ocultamente promissoras. A educação deveria responder às necessidades gerais, visando a construção de indivíduos íntegros, cujas competências organizam-se e articulam-se de forma harmoniosa, favorecendo a capacidade de associar o aprendido nos bancos escolares às múltiplas situações da vida que contracenam no dia-a-dia. (ABDOUNUR,2006)

Em seu trabalho o autor apresenta um panorama geral da metodologia utilizada em oficinas que procuram relacionar matemática e música utilizando-se de recursos tecnológicos, de múltiplas inteligências e de toda a ecologia cognitiva disponível, segundo ele. O público das oficinas foi de alunos e professores do Ensino Fundamental e Médio, alunos de licenciatura em matemática e monitores da Estação Ciência.

O experimento do monocórdio de Pitágoras é o ponto de partida para a discussão sobre intervalos musicais e a relação entre consonância e dissonância, sendo posteriormente tratada a construção das escalas. O autor ressalta que durante as oficinas, a evolução histórica desses conceitos é fundamental para que o aluno entenda como o conhecimento foi desenvolvido e como se deram suas mudanças com o passar do tempo.

Outros experimentos utilizando computador, osciloscópio, toca-fitas, teclado, piano, flauta, equipamentos de ressonância e acústica em geral, são propostos de modo a diversificar e favorecer a construção dos significados.

A inserção da acústica musical no ensino de Física também é abordada no trabalho “*Uma Proposta de Utilização da Acústica Musical no Ensino de Física*” (CONCEIÇÃO et al., 2009). O trabalho coloca a Música com um importante elemento para o ensino de Física já que a música é apreciada pela maioria das pessoas.

Na busca de ter mais alunos interessados em estudar Física, já que a realidade mostra que a Física é apontada pelos alunos como uma das disciplinas mais desinteressantes, projetos interdisciplinares são utilizados na tentativa de estudar a Física “escondida” por trás de assuntos que são de interesse dos alunos ou que fazem parte do cotidiano deles. (CONCEIÇÃO et al., 2009)

Apropriando-se da interdisciplinaridade Física-Música, o trabalho propõe a abordagem de conceitos da ondulatória como reflexão, interferência e outros, associando esses conceitos com a produção e propagação dos sons em instrumentos musicais. Além desses, outros conceitos musicais relacionados à Física como altura, intensidade e timbre também são explorados, visando auxiliar professores a motivar seus alunos para o estudo da Física.

O trabalho *“Computador, mídia, multimídia e softwares na educação musical: uma experiência interdisciplinar em escola pública de ensino formal”* (PERPÉTUO; PEREIRA; BORGES, 2005), propõe a utilização de softwares musicais na musicalização de jovens e adolescentes estudantes da rede formal e pública de ensino. Durante o trabalho, analisou-se o desenvolvimento de conceitos sonoros musicais, da percepção musical e da criatividade dos participantes. Com o objetivo de apontar a relevância social e cognitiva da utilização do computador, de seus recursos e de softwares educativo-musicais no ensino musical escolar, em uma escola que possua laboratório de informática instalado e mantido pelo programa nacional de informática educativa – PROINFO, foram verificadas as seguintes necessidades:

- Re-contextualizar estudos e pesquisas realizadas que abordam a integração entre ensino de música e informática, para a realidade da escola pública em questão;
- Catalogar, avaliar e escolher alguns softwares de composição musical, tendo como critérios de escolha os aspectos pedagógicos;
- Aplicar esses softwares no processo de ensino musical e verificar o desenvolvimento dos conceitos sonoros e musicais da percepção auditiva e da criatividade.

É importante salientar que a utilização de recursos tecnológicos não implica obrigatoriamente em uma melhora no Ensino. Tais recursos devem ser usados de maneira inteligente e objetiva, para que o professor não se torne apenas um “apertador de botões”. Com base nisso, vale lembrar as palavras de Ana Guiomar Rego Souza:

Nunca na história do homem presenciou-se tamanho avanço tecnológico; nunca o homem teve a sua disposição tantos artefatos que sem dúvida facilitam a sua vida; nunca verificou-se tantas oportunidades para a solução dos problemas materiais que afligem a humanidade. Entretanto, nunca o homem se viu tão só, alienado, fragmentado e despojado de valores essenciais à sua integridade existencial. (SOUZA, 2002)

Como foi dito, a utilização de recursos audiovisuais como instrumento para o ensino, em particular, o ensino de acústica e música, pode ser uma alternativa interessante e pode servir como uma alternativa para aproximar o conhecimento técnico e científico do conhecimento artístico e humanista. Para isso, é preciso analisar possíveis inserções curriculares, visando um trabalho que seja produtivo e ao mesmo tempo prazeroso tanto para os alunos quanto para os professores.

Em seu trabalho intitulado “*Os Instrumentos Musicais como Recurso Didático no Ensino de Acústica*”, Elisabete Trentin propõe para o professor de Física do Ensino Médio experimentos utilizando-se de instrumentos musicais, possibilitando que o aluno possa discutir conceitos e fenômenos relacionados ao som na prática, podendo associar as características dos sons produzidos e relacioná-las com a produção musical.

A autora também discute a importância da preparação do professor com relação à abordagem dos conteúdos, ressaltando que o ensino de Acústica possibilita que o professor utilize-se de temas do cotidiano do aluno como: o mecanismo da audição (fisiologia humana), os efeitos dos ruídos (educação ambiental), a ecografia e o sonar (aplicações do ultra-som na medicina e na oceanografia), a construção de instrumentos musicais (música, física e arte),

etc. Em sua proposição, o ensino deve se dar de forma transdisciplinar, indo além das barreiras da interdisciplinaridade. Quando relacionados com outras disciplinas, os conceitos de Física podem ser ensinados de forma interdisciplinar, porém a transdisciplinaridade busca todas as relações que existem dentro do conhecimento, não havendo lugar para conceitos fechados e estanques.

Para os experimentos são sugeridos dez roteiros. Os três primeiros utilizam-se de um violão para trabalhar as características físicas e psicofísicas dos sons produzidos, assim como conceitos de onda sonora e som, verificação experimental das leis das cordas vibrantes, conceitos como o de ressonância, batimento, ondas estacionárias e timbre. Os próximos três abordam conceitos relacionados aos tubos sonoros, utilizando-se de instrumentos de sopro, propondo a construção de uma flauta pan. A construção de diferentes instrumentos de percussão como tambores de diversos tamanhos e a observação do comportamento de membranas e placas, estão contempladas nos quatro últimos roteiros.

O trabalho *“Ondulatória e Acústica através de Experimentos assistidos por computador”* (CAVALCANTE, 204) apresenta alguns recursos experimentais que se utilizam equipamentos de baixo custo, mas com alta tecnologia. As discussões ocorridas em seminários multidisciplinares entre o GoPEF (Grupo de Pesquisa em Ensino de Física) e o LIAC (Laboratório Integrado de Análise Acústica – PUC/SP) serviram como base para a construção de equipamentos e elaboração de uma metodologia para o ensino de acústica. Os equipamentos e a metodologia permitiram a montagem de um laboratório didático de acústica (kit de acústica) que pode ser utilizado nas disciplinas de Física Acústica e Fonética Acústica do curso de Fonaudiologia da PUC/SP. Devido a simplicidade do equipamento, foi possível utilizá-lo na Oficina do CCET-PUC e também em algumas escolas de Ensino Médio da rede pública por professores que participaram do Prociências 2002 promovido pelo departamento de Física da PUC/SP. No trabalho, são descritos experimentos para análise do comportamento de cordas vibrantes e para análise das ondas sonoras em tubos utilizando-se de materiais simples e softwares de livre acesso (freewares), tornando os experimentos viáveis para diferentes realidades escolares.

No trabalho *“A Física da Música no Renascimento: uma abordagem histórico-epistemológica”* (PEREIRA, 2010), as relações entre a física, a matemática e a música são discutidas utilizando uma perspectiva histórica e analisando tratados teórico-musicais do período do Renascimento. Além disso, o autor faz uma discussão sobre estratégias de ensino que utilizem essas relações, baseando-se em uma perspectiva histórico-epistemológica, trazendo os principais experimentos relacionados à acústica musical, realizados durante a história e que foram responsáveis por consolidar as teorias utilizadas até hoje, demonstrando a importância dos experimentos na produção do conhecimento sobre acústica no decorrer da história.

Em seu trabalho, o autor propõe uma série de possibilidades para a utilização de diferentes metodologias no ensino da Acústica associada à Música. Dentre algumas de suas propostas estão:

1. Discutir o funcionamento dos instrumentos musicais;
2. Utilização de softwares para relacionar as qualidades do som com os elementos de uma onda sonora;
3. Construção de instrumentos musicais com materiais de baixo custo com por exemplo, flautas com tubos de PVC, instrumentos de corda utilizando caixa de madeira e diferentes tipos de cordas, caixas de fósforo, embalagens e outros como instrumentos de percussão;
4. Entrevistas com músicos propondo uma reflexão sobre a física da música;
5. Leitura de textos históricos e a construção de diálogos fictícios, utilizando exemplos como o dialogo entre Vincenzo Galilei e Gioseffo Zarlino construído pelo grupo de pesquisa “Matemática e Música” do Professor Oscar João Abdounur.
6. Utilização de recursos audiovisuais (vídeos, músicas, softwares, etc.)
7. Experimentação e construção de conceitos através de experimentos como: molas vibrantes, monocórdio, cuba de ondas, etc.

A Física presente nas cordas vibrantes é discutida de uma maneira muito interessante no trabalho *“O violão no ensino de Física”*. (GRILLO e outros, 2010). Os autores discutem as possibilidades de utilização de metodologias que despertem um maior interesse por parte dos alunos de ensino médio por conteúdos como o de Acústica. Utilizando como tema

principal a Física do Violão, os autores discutem conceitos de ondulatória e acústica, porém utilizando um instrumento muito comum para a realidade dos alunos, fazendo com que o aluno possa experimentar fenômenos que estão presentes no seu cotidiano.

3.3. Análise de Materiais Didáticos

Ao longo da minha prática como professor de Física no Ensino Médio, tive a oportunidade de trabalhar com materiais didáticos diversos, mas na maioria dos casos utilizei materiais apostilados que, basicamente, se constituíam de livros-texto divididos em fascículos, não havendo então, muitas diferenças em trabalhar com livros textos ou com materiais apostilados. Em ambos os casos, nota-se uma padronização no modo como os conteúdos são abordados, havendo variações basicamente na ordem de distribuição dos temas, na diagramação do texto e no número de exercícios propostos.

A grande quantidade de informações técnicas e o grande número de exercícios “induz” o professor, que no geral possui uma formação com características tradicionalistas, a desenvolver metodologias tradicionais que priorizam a memorização e contribuem muito pouco para o desenvolvimento criativo do aluno.

As instituições educacionais também contribuem para esse cenário quando exigem que todos os conteúdos contidos no material sejam obrigatoriamente “trabalhados” pelo professor. Essa prática, promovida na maioria das escolas, impede muitas vezes que o professor desenvolva atividades alternativas ao modelo imposto, criando um ambiente pouco produtivo em sala de aula, já que as possibilidades de um diálogo entre aluno e professor se tornam limitadas.

Vale ressaltar que alguns professores têm preferência pela utilização de materiais mais tradicionais, levando em conta as características de sua formação, esse tipo de material proporciona maior segurança em sua prática já que ele está mais acostumado com esse tipo de abordagem dos conteúdos.

Acredita-se que o desinteresse pela Física observado nos alunos também esteja relacionado à forma com que os conteúdos são apresentados

nos materiais didáticos e consequentemente, na metodologia utilizada pelos professores.

Em seu trabalho *Uma reelaboração de conteúdo de física do segundo grau: a eletricidade como exemplo*, PEREIRA (1995) faz uma análise de três livros de Física muito utilizados por professores de Física do 2º grau (atualmente Ensino Médio) limitando-se aos conteúdos de Eletrodinâmica, porém acreditando que esse recorte seja suficiente para representar as visões de educação e ciência aceitas e difundidas pelos seus respectivos autores.

Em sua análise, PEREIRA (1995) aponta para alguns fatos que são comuns aos três livros analisados e justificam assim, o modo como o ensino de Física é difundido nas escolas brasileiras. Os três livros:

- a) Estão impregnados de posturas empíricas.
- b) Apresentam o conhecimento físico como uma coisa acabada.
- c) Não estabelecem limites para a validade dos modelos físicos.
- d) Privilegiam as definições.

Ao final de sua análise, o autor conclui:

Se considerarmos que esses livros representam de modo contundente a bibliografia possível de ser consultada por nós professores, não podemos estranhar que o ensino de física em nossas escolas tenha também essa cara. Precisamos, por isso, aprender a detectar falhas dessa natureza para não repassá-las aos nossos alunos, muitas vezes, ingenuamente. (PEREIRA, 1995)

OLGUIN (2005) também analisa alguns livros de Física para o Ensino Médio em seu trabalho *A Visão de Currículo nos Livros Didáticos: o eletromagnetismo no ensino médio como exemplo*. Em sua análise, o autor identifica que, além de apresentarem diferenças, o desenvolvimento de competência de Contextualização Sociocultural é ausente, ou seja, as relações entre a ciência e o seu papel na vida dos indivíduos, assim como o seu impacto social e seus conhecimentos para o exercício da cidadania não são abordados. Nesse sentido, o autor reforça que deste modo, os alunos não são capazes de enxergar as relações existentes entre a Física e a Sociedade, além de não ver

de forma crítica como esses conhecimentos da escola podem e devem ser aplicados no seu dia a dia.

Apenas com um aprendizado crítico é possível enfrentar e se libertar da ideologia imposta por certos grupos que querem o controle da sociedade. (OLGUIN, 2005)

Como complemento para essa discussão, foram analisados superficialmente as características de apresentação dos conteúdos de Acústica de dois livros de Física para Ensino Médio, com o objetivo de apontar as diferenças e semelhanças presentes nesses materiais e posteriormente, promover uma reflexão sobre novas possibilidades de utilização dos materiais didáticos como uma ferramenta didática.

Os livros analisados foram:

- *Física – História & Cotidiano* (Volume Único) / Bonjorno & Clinton – Editora FTD;
- *Coleção Quanta Física* (Volume 2) / Kantor, Paoliello Jr, Menezes, Boneti, Canato Jr, Alves – Editora PD.

O livro *Física – História & Cotidiano* caracteriza-se por uma apresentação tradicional dos conteúdos, ou seja, os conteúdos são divididos e apresentados aparentemente isolados um do outro, priorizando as expressões matemáticas e a resolução de exercícios de memorização. Os temas são apresentados separadamente, sempre seguidos por um ou mais exercícios de “aplicação” sem que haja contextualização do conteúdo ou ao menos exemplos de situações onde tais conceitos ou fenômenos estejam presentes na vida cotidiana do aluno e ao final de cada assunto, é proposta uma grande quantidade de exercícios, basicamente de aplicação das expressões matemáticas apresentadas.

Como complemento, são apresentados textos que relacionam alguns conceitos vistos com aplicações cotidianas, porém os textos aparecem sempre separados do conteúdo desenvolvido.

A abordagem utilizada no livro *Coleção Quanta Física* caracteriza-se por um maior diálogo com o leitor, iniciando a discussão trazendo exemplo e atividades que promovam uma maior participação dos alunos.

Apesar de em algumas situações o material se utilizar de uma linguagem com características tradicionais, principalmente quando se tratam de conceitos que exigem formalismo matemático, nota-se uma preocupação com a linguagem utilizada por parte dos autores, que procuram através de exemplos, atividades experimentais ou sugestões de filmes, aproximar os alunos com os temas discutidos.

Como a análise feita se limitou aos conteúdos relacionados à Acústica, um ponto a ser destacado em ambos os materiais é o fato de não haver em nenhum momento exemplos ou sugestões de atividades relacionadas à música.

Sendo a Música uma atividade apreciada por grande parte dos indivíduos, seja ele professor ou aluno, acredita-se que ela deva estar presente na sala de aula, principalmente quando um tema como Acústica está sendo discutido.

Tal análise, mesmo que inicialmente seja superficial, possibilita uma reflexão sobre como o professor deve direcionar sua prática em sala de aula, buscando sempre novas fontes de conhecimento, visando sempre enriquecer suas aulas com suas experiências particulares. Quando o professor tem como sua única referência de trabalho um material didático (seja um livro ou uma apostila) ele está limitando as possibilidades de desenvolvimento de todos os indivíduos que fazem parte do processo, inclusive ele. A troca de experiências do professor com o aluno proporciona no ambiente de aprendizado um crescimento intelectual e criativo em ambos, aumentando as possibilidades de um aprendizado mais significativo e prazeroso.

Completando e culminando essa análise de materiais, vale ressaltar a importância para nosso trabalho de termos nos deparado com o caderno de Acústica (Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Física – Ensino Médio – Caderno do aluno – 2ª série – Volume 3) produzidos pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo (SEESP) no desenvolvimento do material produzido, aplicado e discutido nessa dissertação.

Diferente da maioria dos livros didáticos utilizados no ensino de Física do Ensino Médio, anteriormente analisados, este material propõe uma abordagem mais contextualizada dos conteúdos existentes na Física do Som, promovendo a possibilidade de uma maior participação dos alunos no desenvolvimento das explicações dos conceitos. Para isso, os autores estimulam as associações dos fenômenos com situações cotidianas dos alunos, visando uma maior aproximação da Física com sua realidade cotidiana, apresentando também sugestões de atividades práticas, experimentos de investigação, pesquisas e entrevistas com profissionais relacionados aos temas propostos.

A primeira parte do Caderno dedica-se ao estudo do som, levantando diversas questões como: Você é capaz de diferenciar música de ruído? Que critérios você utilizaria para isso? Nesse sentido inicia-se a discussão de como a Física pode auxiliar a responder essas e outras questões. Assim como na metodologia proposta pelo GREF que, aliás, é a mais freqüente referência de quase todos os Cadernos, aquele em particular se inicia pedindo para que os alunos façam uma lista de sons que os alunos têm contato na sua jornada diária e depois pede que se classifiquem sons como agradáveis ou desagradáveis. Seguindo essa mesma dinâmica, solicita-se uma lista de sons classificados como música ou ruído, pedindo posteriormente que sejam dadas características que possibilitem associá-los a ruído e a música.

Além de questões, o material sugere também que se faça uma pesquisa sobre o que é o som e também uma entrevista com um músico indicando algumas questões a serem trabalhadas. O material também apresenta na sequência duas leituras a respeito do som e das ondas sonoras, seguidas por questões relacionadas a elas.

Após trabalhar os conceitos de frequência, período e comprimento de onda, são introduzidos, sempre se utilizando de textos e questões, os conceitos de altura e intensidade do som, propondo na sequência um chamado “roteiro de experimentação” que propõe a construção de instrumentos musicais rudimentares utilizando materiais de baixo custo.

Através de um texto sobre notas musicais, são apresentados os conceitos de onda estacionária e frequência da onda produzida em uma corda vibrante, seguidos por questões referentes ao assunto discutido.

Também seguidos por questões, outros dois textos são apresentados, um deles trata sobre o timbre e o outro discute os conceitos de frequência natural de vibração e ressonância. Ao final sugere-se uma pesquisa sobre as frequências das ondas produzidas em tubos abertos e fechados, procurando comparar com o que foi apresentado para as cordas vibrantes. Apresentando um texto sobre a exposição diária da população a ruídos acima da intensidade adequada, também é sugerido que se faça uma entrevista com especialistas que se dedicam a esse tema, sugerindo um roteiro de perguntas a serem feitas.

Outro texto apresenta a faixa de frequências percebidas pelo ouvido humano, além de apresentar uma figura que relaciona o nível de intensidade sonora encontrado em algumas situações do nosso cotidiano, pedindo para que seja localizado na figura o nível de intensidade sonora a que o aluno está exposto em diferentes momentos de seu dia a dia.

Ao final, o aluno é convidado a ouvir diferentes artistas que criam músicas a partir de “instrumentos inusitados”, como Naná Vasconcelos, Hermeto Pascoal, entre outros.

Como foi dito anteriormente, o material produzido pela SEESP prioriza o diálogo durante a apresentação dos conceitos, desse modo, faz com que os temas sejam refletidos e discutidos de maneira aberta, colocando o professor no papel de mediador e não de transmissor do conhecimento.

Como foi dito anteriormente, o caderno da SEESP teve significativa importância como referência durante a produção do material produzido e discutido nessa dissertação, porém vale ressaltar que mesmo havendo muitos pontos em comum, há algumas diferenças.

O caderno da SEESP apresenta um maior número de atividades de pesquisa, notando que esse número é menor no material produzido por mim. As sugestões de entrevistas propostas no caderno da SEESP são ausentes no meu trabalho. Esse tipo de atividade pode enriquecer significativamente o desenvolvimento do trabalho, portanto acredita-se que posteriormente tal atividade possa ser inserida ao material, visando incentivar os alunos a levar as discussões para fora do âmbito escolar, possibilitando o contato com diferentes pontos de vista sobre os temas discutidos.

Os temas como ondas e suas características, qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade e timbre), saúde do aparelho auditivo e formas de produção musical, são comuns aos dois materiais, havendo uma pequena diferença na ordem de apresentação dos mesmos. Nota-se, no entanto, que discussões sobre gêneros musicais, fenômenos sonoros (reflexão do som, difração, interferência, batimento, ressonância, efeito Doppler), características básicas do aparelho auditivo e aplicações tecnológicas na produção de sons (áudio analógico e digital, mp3), presentes no material produzido por mim, não aparecem no caderno da SEESP.

A sugestão de construção de instrumentos musicais com materiais de baixo custo, presente no caderno da SEESP, não é encontrada no material produzido por mim. Vale ressaltar que atividades como essa podem e devem ser inseridas posteriormente, visando uma participação ainda mais ativa dos alunos.

Mesmo havendo diferenças, é notável que ambos os materiais buscam constantemente a participação do aluno na construção dos saberes, procurando incentivar os questionamentos e discussões sobre os temas, propondo também atividades práticas (cada um ao seu modo) que desenvolvam sua percepção dos sons e músicas nos seus mais variados tipos.

3.4. O Material do GREF

Desde sua criação em 1984, o Projeto GREF, desenvolvido com a colaboração conjunta de professores da escola pública e docentes universitários, busca tornar o aprendizado científico mais significativo para todos os alunos, inclusive para aqueles que almejam em seu futuro profissional uma carreira que não dependa diretamente da Física. Neste sentido, o aluno desenvolve uma compreensão conceitual e formal consistente, no seu contexto sociocultural e para que esse conhecimento seja vivido em sua eventual formação universitária.

Quando novos conteúdos são propostos solidariamente aos novos materiais de ensino, de forma que ambos possibilitem a

compreensão de aspectos ou de problemas sociais, a vida humana torna-se, necessariamente, presente na sala de aula. Até mesmo nas aulas de Física do segundo grau. (TOSCANO, 1991)

Pensa-se, nesse sentido, a educação como um elemento que forneça subsídios para que o cidadão possa lutar pela realização de seus sonhos e desejos. Os conhecimentos de Física presentes no Ensino Médio devem ser utilizados para capacitar os alunos a utilizá-los na sua vida cotidiana, não somente limitando-os a uma aplicação direcionada ao campo profissional. (SATIRO, 1989)

Com base em um diagnóstico realizado sobre o ensino de Física (MENEZES, 1996) promovido em nível do segundo grau (atualmente denominado Ensino Médio), algumas constatações foram levantadas:

- a) Grande parte dos professores de Física não domina os conhecimentos da própria Física nem possui preparação didática específica, visto que a maior parte desses professores tem formação em Matemática ou em outras disciplinas;*
- b) O ensino de Física na prática não promove um aprendizado significativo, que permita ao estudante compreender os fenômenos, os objetos, os aparelhos e os fatos presentes na sua vida cotidiana ou em sua atividade profissional;*
- c) A metodologia de ensino utilizada concebe os alunos como ouvintes passivos, estando toda a iniciativa centrada no discurso do professor;*
- d) Os recursos materiais para a preparação de aulas ou para aprofundamento em Física, dentro de uma perspectiva de ensino com significado prático, são escassos e fragmentados.*

Nota-se que, passados quase trinta anos, a realidade do ensino de Física não sofreu grandes mudanças. O cenário descrito permanece com as mesmas características, tanto quando tratamos da formação do professor, quanto em relação ao ensino na sua prática.

A partir dessas constatações, o GREF estabeleceu alguns objetivos que seriam fundamentais para o seu desenvolvimento:

- a) *Promover a formação continuada e em serviço de professores de Física do segundo grau;*
- b) *Desenvolver uma proposta curricular articulada e conceitual, que garanta um ensino ativo e significativo, permitindo ao estudante a compreensão de processos, fenômenos e fatos da vida, sem perder a visão geral dos fundamentos e princípios da Física;*
- c) *Produzir material de apoio para a formação continuada de professores, em Física e em sua didática específica, assim como para o trabalho de professor em sala de aula.*

Através de correspondências com professores da rede pública do Estado de São Paulo, foi notada a carência de materiais que abordassem o conteúdo global de cada tema, bem como a falta de tempo para que pudessem preparar suas aulas utilizando os materiais existentes como fonte de pesquisa, deste modo, optou-se pela elaboração do material na forma de livro-texto (AMBROZIO, 1990).

O material produzido pelo GREF consiste em três livros direcionados ao professor publicados pela Editora da Universidade de São Paulo e, devido às dificuldades encontradas pelos professores em preparar materiais para serem utilizados em sala de aula, posteriormente foi produzido um material direcionado aos alunos no formato de apostilas, denominados *Leituras de Física*.

Com objetivo de evitar a utilização precoce ou excessiva do formalismo matemático na apresentação de conceitos de Física, os assuntos são usualmente apresentados pelo desenvolvimento de uma temática e de uma linguagem que façam parte do cotidiano vivenciado tanto pelos alunos e professores, de modo que a evolução dos conceitos se dê na medida em que a compreensão e o domínio dos mesmos também evoluam.

Desse modo, não é levado em conta que toda pessoa, pelas atividades que desenvolve no seu dia-a-dia, já convive com uma grande variedade de fenômenos, inclusive físicos. Isso, entretanto, não significa que estas pessoas, que na escola se tornam alunos, os compreendam cientificamente, ou conheça a

forma como a Ciência os interpreta. Nem tão pouco que, por desconhecerem a “explicação científica”, tais pessoas não tenham ideia alguma sobre o assunto. (TOSCANO, 1991)

Nesse sentido, não há como o professor trazer o currículo pronto para o aluno, mas cabe a ele discutir os elementos presentes na vida do aluno e partir daí, apresentar ao aluno as aplicações e conceitos relacionados a ele (OLGUIN, 2005).

Buscando um maior interesse por parte dos alunos com relação aos assuntos abordados, são propostas leituras curtas, atividades práticas, questões e exercícios que possibilitem a compreensão das “coisas” presentes no ambiente em que eles estão inseridos. Nesse sentido, vale ressaltar a importância de se considerar as concepções espontâneas dos alunos (SATIRO, 1989), ou seja, conceitos e ideias que, mesmo as vezes sendo contraditório ao conceito que se pretende trabalhar, são desenvolvidos a partir da vivência de cada um, podendo auxiliar o professor durante o processo.

Justificamos ainda nossa opção pelo “cotidiano”, por nossa convicção de que o “saber da escola” não deva ser alienado em relação ao “saber da vida”, mas sim, que o primeiro deva completar e aperfeiçoar o último; atribuindo significado ao saber da escola, acreditamos que este possa se incorporar à vida do cidadão, e não tornar-se um seu apêndice, como tem acontecido, e cujo resultado tão bem conhecemos. (AMBROZIO, 1990)

A proposta do GREF sugere que se inicie com um levantamento preliminar de “coisas” presentes no cotidiano do aluno e do professor que estão relacionadas com o assunto a ser desenvolvido.

Esse procedimento inicial promove um compromisso recíproco (educador educando) sobre o universo conceitual que será discutido, possibilitando a participação do aluno através do diálogo, além de construir uma visão de conjunto do conteúdo a ser desenvolvido.

Essa lista inaugura efetivamente um diálogo e um compromisso. Um diálogo, porque os estudantes revelam seu conhecimento ou suas fantasias sobre o que deveria estar presente como conteúdo disciplinar, permitindo ao professor tomar isso como ponto de partida. Um compromisso, porque o professor se propõem a desenvolver um conjunto de conteúdos que transcende o disciplinar formal, na medida em que estabelece uma integração com o cotidiano, com o contexto vivencial. (HOSOUME, 1996)

Para poder responder de maneira adequada aos possíveis questionamentos, o professor precisa aprofundar mais seu conhecimento acerca do assunto trabalhado, desse modo, além de estimular a participação dos alunos no processo, o professor também deve estar motivado a buscar informações que enriqueçam o diálogo (SATIRO, 1989).

O prosseguimento dá-se através da classificação dessas coisas levantadas inicialmente e, a partir daí, começa-se a apresentação da estrutura conceitual do curso. Sendo o aluno um participante ativo no levantamento e na classificação desses elementos, ele já poderá antecipadamente ter uma visão geral da divisão dos temas e assuntos que serão abordados no curso, sendo ele capaz localizar os diversos tópicos para articulá-los futuramente, devido à familiaridade adquirida no processo inicial de levantamento e classificação.

Como o aluno participa do levantamento e da classificação, pode o professor ter uma ideia, desde logo, das áreas de conhecimento e de interesse de cada turma. Por sua vez, o aluno já terá um panorama do curso antes da sua divisão em assuntos e temas e já será capaz de situar os vários tópicos para mais tarde articulá-los, familiarizando-se, assim, com esta etapa classificatória da construção científica. (GREF, 2012)

Devido a marcante presença da tecnologia na vida dos indivíduos, o material GREF tem como objetivo a compreensão desse mundo tecnológico vivenciado pelo aluno, mesmo que sua visão não seja muito significativa em relação aos conteúdos físicos a serem estudados (PEREIRA, 1995).

A apresentação de exercícios e problemas resolvidos, experimentos e observações práticas que aparecem ao longo do material, não têm característica de “complemento eventual”, mas são consideradas como parte integrante do processo, ao passo que estão baseadas em situações e elementos do cotidiano de todos os envolvidos.

Na Apresentação Geral da Proposta, os autores deixam claro que não se trata de uma obra fechada, ou seja, os professores participantes podem e devem participar da reelaboração dos conteúdos e temas.

Há outros aspectos que seriam de interesse mas que ainda não estão desenvolvidos nesse texto e que, portanto, ficam como tarefa para os professores participantes nessa reelaboração contínua. É o caso, por exemplo, dos aspectos históricos da evolução da Ciência e do sistema produtivo. Pelo menos tão importante como desenvolver tais assuntos será aperfeiçoar aqueles já tratados na presente proposta, sempre que se revelarem inadequados ou insuficientes, para os objetivos que cada professor estabelece no trabalho com seus alunos. (GREF, 2012)

Com base em apreciações feitas por professores que trabalharam com o material GREF (HOUSSOME, 1996) é notável que há uma maior e mais ativa participação dos alunos no processo, já que os conteúdos são discutidos a partir de elementos vivenciados por eles. Os professores passam a ter uma nova visão sobre a Física ao ter um contato real com o GREF, notando nela uma beleza conceitual e um interesse prático, percebendo que a ciência não se resume a uma coleção de fórmulas matemáticas. Nesse sentido, sentem-se mais motivados para prepararem suas aulas, pesquisando novas fontes e novos desafios que não se limitam nem se disfarçam no formalismo.

4. PROCEDIMENTOS E MÉTODOS

Uma vez que este trabalho se volta a construir possibilidades de inserção da Música como elemento fundamental no ensino da Acústica nos conteúdos de Física para o Ensino Médio, um dos procedimentos adotados passou pela produção um material instrucional, com base nos cadernos elaborados pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF). Tal material foi utilizado em um mini-curso no XX Simpósio Nacional de Ensino de Física e, posteriormente, aplicado em forma de um curso extracurricular para alunos do Ensino Médio.

Como base para o desenvolvimento deste trabalho, utilizaram-se os procedimentos metodológicos de pesquisa qualitativa, sendo que neste modelo de pesquisa, o pesquisador deve estar inserido no seu campo de pesquisa, inserção fundamental para a compreensão do fenômeno estudado, sendo que os resultados encontrados estão totalmente vinculados ao pesquisador, fazendo com que em muitos casos, ele se torne a principal fonte dos dados (SILVA, 2008).

Tal como na pesquisa quantitativa, o pesquisador qualitativo (ou interpretativo), registra eventos, toma dados, controla variáveis e o que os diferencia é a forma com que cada um vai realizar as etapas da pesquisa: o pesquisador qualitativo faz observações participantes no próprio ambiente da pesquisa; anota com cuidado os acontecimentos ocorridos neste ambiente; faz registros através de vídeo e/ou áudio e pode ainda recolher documentos, tais como escritos de alunos e professores, materiais entregues aos alunos ou professores, para o caso da pesquisa em ensino. (SILVA, 2008)

A preocupação da pesquisa qualitativa não está na representatividade numérica, mas sim na compreensão de um grupo social, organização, etc. O pesquisador tem como objetivo principal explicar o porquê das coisas, definindo o que deve ser feito, porém sem quantificar os valores e as trocas simbólicas, já que os dados analisados não são mensuráveis e se valem de diferentes

abordagens. Nesse sentido, a preocupação da pesquisa qualitativa está fundamentalmente nos aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e na explicação da dinâmica das relações sociais (GERHARDT, 2009).

Na perspectiva qualitativa, os caminhos que norteiam o conhecimento científico visam a apreensão de processos acima do método, isto é, privilegia-se a informação interpretativa sobre a realidade, que está centrada na construção de dados. Se por um lado tem-se um sujeito que traz indagações de pesquisa a partir de suas concepções de mundo, por outro, o objeto é também um objeto-sujeito que fala e se posiciona conforme o seu contexto histórico-social. (MARADINO et al., 2009)

Numa pesquisa qualitativa (ou interpretativa), a compreensão e a interpretação fundamentam o processo de investigação, sendo assim, a construção dos significados se dá através das relações entre sujeito e objeto de investigação, que são influenciadas por fatores subjetivos (FREITAS, 2007).

O contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e situações investigadas é uma característica inerente à pesquisa qualitativa, demandando intensivo trabalho de campo. Os dados coletados durante o processo são predominantemente descritivos, devendo o pesquisador estar atento ao maior número possível de elementos que compõem a situação estudada. MOREIRA (2002) enumera, sem a intenção de esgotá-las, algumas características básicas da pesquisa qualitativa:

- a) Um foco na interpretação, em vez de na quantificação: geralmente, o pesquisador qualitativo está interessado na interpretação que os próprios participantes têm da situação sob o estudo.
- b) Ênfase na subjetividade, em vez de na objetividade: aceita-se que a busca de objetividade é um tanto quanto inadequada, já que o foco de interesse é justamente a perspectiva dos participantes.

- c) Flexibilidade no processo de conduzir a pesquisa: o pesquisador trabalha com situações complexas, que não permitem a definição exata e *a priori* dos caminhos que a pesquisa irá seguir.
- d) Orientação para o processo e não para o resultado: a ênfase está no entendimento e não num objetivo predeterminado, como na pesquisa quantitativa.
- e) Preocupação com o contexto, no sentido que o comportamento das pessoas e a situação ligam-se intimamente na formação da experiência.
- f) Reconhecimento do impacto do processo de pesquisa sobre a situação de pesquisa: admite-se que o pesquisador exerce influência sobre a situação de pesquisa e é por ela também influenciado.

A produção e aplicação do material de Física do Som utilizado como base para as discussões desta dissertação tiveram também como base os fundamentos da pesquisa participativa. Segundo Paulo Freire (GORI, 2006), essa metodologia de pesquisa é relevante na educação, ao passo que interfere na ordem social, já que toda ação cultural configura-se uma forma sistematizadora e deliberada de ação incidente sobre uma estrutura social, podendo assim agir no sentido de transformá-la.

A proposta da pesquisa participante é trazer à tona a sabedoria e tradição popular no sentido de que estas nos ofereçam pistas para a crise social que vivemos atualmente. (ROCHA, 2004).

Nesse sentido, durante a produção do material de Física do Som procurou-se dar ênfase aos diálogos, ou seja, criar uma relação de proximidade entre os alunos e os conceitos apresentados, trazendo questões que exigissem conhecimentos provenientes de sua “bagagem vivencial”, não classificando as respostas como certas ou erradas e incentivando as trocas de informações.

...para a pesquisa participativa, o cientista deve recriar, de dentro para fora, formas concretas possibilitando às pessoas, aos grupos e às classes de participarem do direito de

pensarem, produzirem e dirigirem os usos de seu saber e a respeito de si próprio. (OLIVEIRA, 2006)

Partindo da realidade concreta da vida cotidiana dos participantes do processo (alunos e professores), a produção de um material sobre a Física do Som foi direcionada no sentido de oferecer alternativas de apresentação de conceitos inseridos em uma realidade que muitas vezes desmotiva alunos e professores por sua característica propedêutica e tradicionalista, fazendo com que o aluno se torne participante ativo da construção do conhecimento.

BRANDÃO (2007) lista alguns “princípios de ação” para a pesquisa participante que corroboram com a metodologia utilizada na produção do material sobre Física do Som, dentre eles vale citar a relação de interação contínua entre os sujeitos do processo.

A relação tradicional de sujeito-objeto, entre investigador-educador e os grupos populares deve ser progressivamente convertida em uma relação do tipo sujeito-sujeito, a partir do suposto de que todas as pessoas e todas as culturas são fontes originais de saber. É através do exercício de uma pesquisa e da interação entre os diferentes conhecimentos que uma forma partilhável de compreensão da realidade social pode ser construída. O conhecimento científico e o popular articulam-se criticamente em um terceiro conhecimento novo e transformador. (BRANDÃO, 2007)

Com o objetivo de trazer à luz uma possibilidade de apresentação de conceitos de Acústica, buscando sempre uma conexão dialógica com a realidade cotidiana dos participantes do processo, neste caso, utilizando a música como parte integrante deste processo, produziu-se um material de apoio para professores de Física que procuram diferentes abordagens para um conteúdo que muitas vezes lhes é apresentado sob uma forma “aprisionada” em formalidades e tradições e que, por vezes, criam barreiras cognitivas e metodológicas em seu trabalho. Mais do que isto, este trabalho procura trazer para o professor uma visão que ultrapasse o âmbito acadêmico de sua atuação

profissional, direcionando suas reflexões também para o seu desenvolvimento humano com cidadão ativo na construção da sociedade em que está inserido.

Para além da realização dos planos intelectuais de um sujeito de conhecimento - um filósofo, um cientista, um investigador - e para além da utilização dos benefícios estendíveis a quem foi antes um objeto de conhecimento através de uma pesquisa, todo o trabalho consequente de investigação deve objetivar ser um passo a mais no caminho da realização humana. Deve ser alguma forma de compreensão mais alargada, mais profunda a respeito de algo não conhecido, imperfeitamente conhecido ou passível de, através de uma outra fração de conhecimento confiável e dialogável, ser incorporado a um “todo de compreensão” mais fecundo. Mais fecundo como conhecimento integrado “a respeito de” e também como possibilidade de realização do conhecimento como um projeto de transformação de algo em alguma coisa melhor. Todo o bom saber transforma o que há no que pode haver. (BRANDÃO, 2007)

5. PRODUÇÃO DO MATERIAL “FÍSICA DO SOM”

Como dito anteriormente, a produção do material sobre a Física do Som teve como referência as “Leituras de Física” produzidas pelo GREF, porém como esses textos não contemplavam integralmente os conceitos existentes na Física do Som e tão pouco na Música, outros materiais foram consultados e utilizados como apoio.

Assim como já foi discutido, nota-se que os materiais didáticos utilizados pela maioria dos professores de Física do Ensino Médio no Brasil se caracterizam por uma apresentação linear e fragmentada dos conteúdos, além de priorizar o raciocínio lógico-matemático enfatizado na resolução de exercícios utilizando aplicação de fórmulas.

Quando analisamos os conteúdos de Acústica presentes nesses materiais, notamos claramente essa característica apresentada anteriormente. Sendo a Música parte integrante da cultura da nossa sociedade, nota-se que no ensino de Acústica, ela é pouco valorizada, podendo até dizer que ela é completamente esquecida em alguns casos.

Com o objetivo de aproximar esses dois saberes (Física e Música) tão importantes para o desenvolvimento sociocultural de nossa sociedade, produziu-se um material que pudesse, de certo modo, relacionar essas duas importantes criações da mente humana, trazendo-as para a sala aula a partir de uma visão mais integradora e significativa. O material produzido foi apresentado no ANEXO 1.

Buscou-se na produção deste material, assim como propõe o GREF, criar um ambiente dialógico que favorecesse as trocas de saberes, de modo que o conhecimento seja construído a partir da vivência dos elementos que compõem o processo (alunos e professor).

O material foi dividido em onze “Módulos” que procuram traçar um panorama geral da trajetória do som desde a sua produção, passando pelos fenômenos presentes durante sua propagação, sua percepção através de nossos sentidos e sua utilização na produção musical, bem como a discussão de tecnologias associadas a sua produção e manipulação, sempre colocando a música como um componente indispensável ao processo. Buscando sempre

criar um vínculo entre os fenômenos discutidos e suas implicações na nossa vida, o material sugere a participação contínua dos alunos e propõe atividades práticas que possibilitem uma maior interação dos mesmos com as diferentes sonoridades que nos permeiam.

5.1. Módulos e temas

Neste momento serão apresentadas de maneira sintetizada as principais motivações e intenções de cada módulo que compõe o material, valendo ressaltar que no próximo capítulo será feito um detalhamento de cada atividade proposta, juntamente com suas implicações durante o desenvolvimento do curso.

Módulo 1: O Som

Preocupa-se inicialmente em discutir as possibilidades de produção do som e como suas características são dependentes da fonte sonora que o produziu. Nesse sentido, discutem-se as características dos instrumentos musicais e suas possibilidades de produção sonora, procurando trazer para a sala de aula um tema muito apreciado pela maioria dos jovens.

Módulo 2: Qual é a Música?

Sendo a música parte integrante da nossa cultura, procura-se nesse módulo, trazê-la para a discussão o quanto antes, já que é notável o interesse dos alunos quando ela faz parte do assunto. Desse modo, visa-se abrir uma discussão sobre os diferentes gêneros musicais conhecidos utilizando-se de exemplos provenientes das preferências musicais dos próprios alunos.

Neste módulo, os alunos são estimulados a apresentar coletivamente suas preferências musicais, compartilhando com o grupo e proporcionando

assim uma troca de experiências que serve como base fundamental para a apresentação e discussão dos gêneros musicais.

Módulo 3: Que onda é essa?

Depois de discutidas as possibilidades de produção do som e entendendo que essa produção se dá através da vibração de um material (fonte sonora), introduz-se neste módulo a discussão sobre os fenômenos ondulatórios que correspondem à base do estudo da Física do Som. Propondo algumas atividades experimentais, demonstram-se e discutem-se as principais características das ondas, buscando sempre uma associação com situações e elementos presentes no universo vivencial dos alunos.

Módulo 4: A trajetória do som

Após discutir sobre a produção do som e sobre as principais características das ondas sonoras que compõem esse som, propõe-se neste módulo uma discussão acerca das características da propagação do som, relacionando a velocidade de propagação em diferentes meios e sua relação com as características físicas da onda sonora em estudo. Assim como propõe o material GREF, são propostas atividades experimentais, bem como a resolução de exercícios que se relacionam com os conceitos apresentados.

Módulo 5: Os caminhos do som

Este módulo inicia uma discussão sobre alguns dos principais fenômenos sonoros (reflexão, difração e interferência), buscando sempre relacioná-los com situações conhecidas pelos alunos, além de promover atividades que estimulem a sua participação efetiva no entendimento e aplicação desses fenômenos. Nesse sentido, também são propostos textos informativos, exercícios relacionados ao assunto e algumas discussões sobre

as possibilidades de utilização tecnológica desses fenômenos na produção musical.

Módulo 6: Encontros e reencontros do som

Assim como no módulo anterior, esse módulo segue discutindo fenômenos relacionados ao som (ondas estacionárias, batimento, ressonância e Efeito Doppler). Como possibilidade de apresentação desses fenômenos, sugerem-se atividades experimentais, a apresentação de vídeos ilustrativos e a utilização de *sites* e *softwares* que possibilitem a reprodução de alguns deles, permitindo a manipulação de algumas de suas características.

Módulo 7: Como ouvimos?

Depois de discutido sobre a produção, propagação e características da interação do som com o meio por onde passa, propõe-se neste módulo uma discussão sobre o que acontece com o som quando ele chega aos nossos ouvidos, procurando discutir não só a fisiologia do aparelho auditivo, mas também as implicações causadas por esse som ao atingi-lo. Além da proposição de alguns experimentos e algumas questões, apresentam-se textos relacionados à saúde do aparelho auditivo, visando promover uma reflexão sobre os cuidados a serem tomados com relação à exposição excessiva a sons de alta intensidade.

Módulo 8: O que ouvimos (ou não)

Nesse módulo são discutidas as características do som necessárias para que ele seja ouvido, ou não, por nós humanos. Utilizando-se de exemplos sonoros, exercícios de vestibulares e experiências compartilhadas pelo grupo, procura-se discutir como a frequência e a amplitude da onda sonora interferem na nossa percepção dos sons, levantando assim, a discussão sobre as qualidades do som como *altura* e *intensidade*.

Módulo 9: Notas e Escalas

Utilizando-se das discussões anteriores sobre produção, propagação e recepção do som, propõe-se neste módulo uma discussão de como um som se transforma em um som musical, ou seja, em uma nota musical. Nesse sentido, discute-se a origem das notas musicais e também sua utilização nas escalas musicais. A apresentação de exemplos musicais é fundamental no desenvolvimento da discussão, acreditando que quanto maior o número de exemplos propostos, maiores serão as possibilidades de análise e apreciação das diferentes sonoridades produzidas por diferentes culturas durante história da humanidade.

Módulo 10: A cor do som

Sabendo da existência das notas musicais, propõe-se uma discussão sobre as diferentes possibilidades de utilização dessas notas em diferentes instrumentos musicais, trabalhando-se então sobre o conceito de *timbre*, que por muitos é figurativamente chamado de “*a cor do som*”. Assim como proposto no módulo anterior, os exemplos sonoros devem servir como a base para essa discussão, desse modo, durante a descrição da aplicação do material que será feita posteriormente, alguns desses exemplos serão apresentados e discutidos com maiores detalhes.

Módulo 11: O Som e suas Músicas

Acredita-se que após todas as discussões feitas nos módulos anteriores, seja interessante que se faça uma reflexão acerca das possibilidades existentes em uma composição musical. Nesse módulo apresentam-se os elementos principais de uma composição musical (ritmo, harmonia e melodia) assim como, levanta-se uma discussão sobre as tecnologias de gravação, armazenamento digital e reprodução dessas músicas, buscando aproximar

cada vez mais o diálogo entre os conceitos trabalhados e as atividades cotidianas dos alunos, que a cada dia utilizam-se de avançadas tecnologias, porém muitas vezes não têm um conhecimento básico sobre os fenômenos físicos existentes nelas.

6. A APLICAÇÃO DO MATERIAL “FÍSICA DO SOM”

6.1. Apresentação no XX SNEF - 2013

Em janeiro de 2013 o material sobre Física do Som produzido foi apresentado no XX Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) em um curso denominado “O Som e suas Músicas” com a participação efetiva de cinco alunos e carga horária de seis horas divididas em três encontros realizados na Universidade de São Paulo. Dos cinco alunos participantes, vale ressaltar que apenas um deles atuava como professor de Física na rede pública de ensino do Estado de São Paulo, os demais eram estudantes do segundo ano do curso de licenciatura em Física.

O objetivo principal do curso foi discutir as possibilidades de aplicação do material para alunos de Ensino Médio, como uma alternativa aos materiais didáticos utilizados na maioria das escolas brasileiras. Com isso, demonstrou-se uma perspectiva diferente na abordagem dos temas tratados em Acústica, buscando trazer à discussão a música como um elemento fundamental para a apresentação dos conceitos presentes na Física do Som.

O primeiro encontro teve início com uma breve apresentação feita pelo Professor Luis Carlos de Menezes a respeito das motivações que deram origem ao Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) e consequentemente do material produzido pelo grupo. Em sua apresentação Menezes também salientou o impacto provocado pelas ideias oriundas do GREF nas políticas públicas educacionais, como por exemplo, na elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs).

Na sequência, foi demonstrada por mim a estrutura didática proposta pelo material GREF, enfatizando seu caráter dialógico e sua preocupação com as explicações baseadas nas experiências vivenciais dos alunos.

Juntamente com a apresentação do material GREF, foram apresentados alguns materiais didáticos utilizados nas escolas brasileiras para que os alunos pudessem fazer uma comparação superficial com relação às formas de apresentação dos conteúdos. Nesse sentido, foram discutidas as principais

diferenças metodológicas entre as propostas GREF e as propostas tradicionais encontradas nos materiais didáticos apresentados.

Após a apresentação da proposta GREF, foram apresentadas aos participantes as minhas motivações a respeito do trabalho desenvolvido na minha dissertação de mestrado que culminou na produção do material sobre Física do Som.

No segundo e no terceiro encontro foram apresentados e discutidos tanto o processo de produção do material como as possibilidades de aplicação do mesmo para alunos do Ensino Médio. Vale ressaltar que devido ao tempo disponível para apresentação e discussão do material, não foi possível realizar todas as atividades propostas. Mesmo assim, foi possível apresentar todos os onze módulos que compõem o material, de modo que os participantes tivessem uma ideia geral de como o material foi concebido e quais as suas principais características, além de serem realizadas algumas das atividades propostas.

Mesmo sendo uma apresentação resumida, foi muito importante a participação dos alunos na discussão, pois serviu como um parâmetro fundamental para a aplicação posterior do material para os alunos do Ensino Médio.

6.2. Aplicação com alunos do Ensino Médio

O curso foi oferecido para todos os alunos do Ensino Médio de um colégio da rede privada do município de Santo André – SP¹, onde leciono a disciplina de Física para todas as séries do Ensino Médio, contando com 16 alunos que participaram efetivamente do curso, frequentando os cinco encontros.

A base do curso foi o material sobre Física do Som que, durante sua produção, teve como referência os cadernos do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) que contemplavam os conteúdos de Mecânica, Óptica, Física Térmica e Eletricidade. Com base nisso, foi produzido um material que abordasse conceitos de Física do Som utilizando a Música, que

¹ Centro Educacional ETIP/ Unidade Lino Jardim

participa efetivamente da vida cotidiana dos alunos e também dos professores, como elemento essencial para a discussão desses conceitos.

Já no período de inscrições, foi notado o interesse por parte dos alunos quando eram informados que se tratava de um curso de Física do Som com grande utilização da Música como base no desenvolvimento das atividades. Por motivos de organização de espaço e horários, o curso foi oferecido no contra-turno (período da tarde), pois os alunos frequentam as aulas regulares no período da manhã. É possível crer que a adesão poderia ter sido maior se o curso fosse ministrado no período regular, pois muitos alunos disseram que não participariam devido a compromissos que coincidiriam com o horário do curso.

Por outro lado, foi impressionante a dedicação dos alunos que frequentaram os encontros e dedicaram cinco tardes inteiras para participar, aprender e compartilhar experiências com os demais colegas e professor nesse período. Vale ressaltar que essa atividade não “valia nota”, como muitos perguntaram no período de inscrição, e mesmo assim 16 alunos se dispuseram a participar de maneira efetiva de todas as atividades, dando fundamental suporte para o bom desenvolvimento do curso.

A direção e coordenação do Colégio deu todo o suporte para que o curso fosse desenvolvido, cedendo o espaço, providenciando as cópias do material para cada aluno e auxiliando na montagem e desmontagem de todo o equipamento usado (computador, Datashow, caixas de som, alguns instrumentos musicais, filmagem, etc.), além de apoiar a atividade como forma de ampliação dos recursos pedagógicos no processo de aprendizagem dos alunos, acreditando e apoiando também o crescimento profissional do corpo docente da instituição.

O curso teve início com a apresentação do objetivo principal que era discutir conceitos de Física do Som presentes no currículo de Física do Ensino Médio, porém se utilizando de uma metodologia que priorizaria o diálogo e trazendo as experiências dos alunos sobre os temas, de modo que elas servissem como base para o desenvolvimento das atividades. Nesse sentido, a música entraria como protagonista nas discussões, já que ela faz parte da vida dos alunos e desperta muito interesse por parte dos mesmos.

Enfatizou-se a importância de se trabalhar tais assuntos já que durante o curso regular de Física do Ensino Médio, a Acústica (Física do Som) é tratada com muita superficialidade, dando muita ênfase nas explicações dos fenômenos sonoros através de modelos matemáticos e pouca ênfase nas experiências sonoras e muito menos na música.

Expliquei que o material produzido para aquele curso tinha como referência o projeto GREF, que tem como objetivo principal apresentar os conteúdos de Física utilizando uma abordagem que prioriza o diálogo e as relações com o cotidiano dos alunos. Como os materiais produzidos pelo GREF não contemplavam o estudo da Física do Som, meu trabalho se direcionou para a produção de um material que apresentasse esses conteúdos.

A estrutura do material segue os “moldes” do material GREF, porém é importante salientar que sua produção foi desenvolvida apenas por mim e pelo orientador deste trabalho (Luis Carlos de Menezes), ao passo que o material GREF foi produzido por um grupo de professores universitários e professores da Rede Pública do Estado de São Paulo, sendo assim, poderia haver diferenças, fato que efetivamente ocorreu.

Também foram dados os créditos pelas ilustrações ao meu amigo e artista Bruno Maluf, que com sua habilidade e criatividade produziu grande parte das ilustrações. Após um tempo para a prévia visualização do material, foi notado que os alunos apreciaram e se divertiram com as ilustrações.

Durante a produção das ilustrações, eu disse ao Bruno que gostaria de criar um personagem que marcasse o material, ou seja, aparecesse frequentemente fazendo perguntas e colocações. Com sua criatividade, ele criou um personagem baseado no famoso músico e compositor Ludwig Van Beethoven, trazendo consigo a referência de um sublime e genial compositor, colaborando com o que se propõe nesse trabalho. Inserir elementos que fazem parte de um contexto pouco comum para a maioria dos adolescentes pode despertar nessas jovens mentes uma curiosidade musical, impulsionando seu desenvolvimento intelectual e cultural, além de aumentar sua sensibilidade e capacidade de percepção para diferentes sonoridades.

Expliquei aos alunos que minha motivação para iniciar aquele trabalho foi, em primeiro lugar, minha paixão pela ciência e pela música, desse modo, como minha escolha profissional foi a área acadêmica, especificamente o

ensino de Física, a música seria o elo entre meus estudos na área de Física e minha enorme vontade de trabalhar com música. O outro motivo estava ligado ao meu interesse por diferentes “recursos” relacionados ao ensino de Física, neste caso em particular, o ensino de Acústica, já que no ensino médio, os conteúdos de Acústica são apresentados de maneira muito simplificada, ou seja, dando maior ênfase às explicações tecnicistas e lógico-matemáticas e muito pouca ênfase nas experimentações práticas, sendo que muitos materiais, inclusive o usado no Colégio onde foi ministrado o curso, a música era deixada de lado, sendo citada apenas em caráter de curiosidades, como um saber independente dos conceitos físicos apresentados.

Sendo a música uma arte apreciada por muitos e a física uma ciência apreciada por poucos, havia uma possibilidade interessante de relacionar essas duas áreas do conhecimento, tornando o aprendizado mais prazeroso e significativo tanto para os alunos quanto para o professor.

Os alunos foram informados que os seus aparelhos eletrônicos (celulares, *smartphones*, *ipods*, tocadores de mp3, etc.), que normalmente são proibidos nas aulas do curso regular, seriam de grande utilidade para o desenvolvimento do curso.

Como complemento a esta leitura, segue no ANEXO 3, um CD contendo exemplos de sons e músicas que foram usados durante a apresentação deste curso. Durante a leitura a seguir da descrição da aplicação do material para os alunos, notar-se-ão referências (notas de rodapé) que indicarão a localização de cada arquivo no CD.

Módulo 1: O Som

Para iniciar uma discussão sobre o som e suas características, foi falado sobre a enorme variedade de sons que permeiam nosso ambiente diário e como esses sons interferem em nossos sentimentos, podendo ser agradáveis em certos momentos, mas muito desagradáveis em outros.

Também foi discutido como a palavra “som” pode ser empregada com significados diferentes, dependendo do contexto. Por exemplo: Vamos ouvir um som? Esse som é muito bom! Vamos fazer um som hoje?

Seguindo a metodologia adotada pelo GREF, propôs-se um levantamento dos sons que estamos em contato no nosso dia-a-dia. Assim os alunos iniciaram sua participação dando exemplos de sons que costumam ouvir desde o momento em que acordavam até o final de seu dia.

Enquanto os alunos iam dando os exemplos de sons, eu anotei todos no quadro (lousa).

Essa atividade inicial é bastante interessante, pois por se tratar de um assunto cotidiano e de conhecimento de todos, não há respostas erradas, assim os alunos se sentem mais seguros em participar, quebrando a timidez inicial de alguns. Os sons citados foram:

<i>Despertador (celular)</i>	<i>cachorro</i>
<i>Voz da mãe ou pai</i>	<i>música</i>
<i>Batida na porta</i>	<i>buzina de carro</i>
<i>água da torneira</i>	<i>sinai da escola (música)</i>
<i>água do chuveiro</i>	<i>trovão</i>
<i>micro-ondas</i>	<i>chuva</i>
<i>secador de cabelo</i>	<i>vento</i>
<i>carros</i>	<i>vozes</i>
<i>pássaros</i>	

Foi sugerido que os alunos classificassem os sons citados por categorias: sons produzidos por fenômenos atmosféricos, sons produzidos por animais, sons produzidos por máquinas, sons produzidos por motivos artísticos. Os alunos participaram dessa classificação e utilizando alguns gizes coloridos, foi possível visualizar no quadro através das diferentes cores as variadas formas de produção desses sons.

Visando incentivar a participação dos alunos, foram tocados alguns sons (bebê chorando, cachorro latindo, carro, avião, gato miando, pássaros, tiro de revólver, chuva, etc.)² e pedido para que eles dissessem que sons eram aqueles. A ideia da atividade não é para que eles realmente adivinhem os sons, mas sim para que eles identifiquem e participem, proporcionando

² Localização dos arquivos no CD: E:\Módulo 1\Sons

momentos de descontração e estimulando a percepção das diferentes sonoridades.

Ainda utilizando os exemplos do quadro, foi feita a pergunta:

“Como esses sons são produzidos?”

Após a pergunta notou-se que poucos se arriscaram a respondê-la, então para estimulá-los foram produzidos alguns sons como uma batida com a mão na mesa, um arranhão na lousa e novamente feita a pergunta. Não houve resposta.

O principal motivo da pergunta foi chegar à ideia de que o som é produzido pela vibração de algum material. A partir daí, voltamos aos exemplos do quadro e analisamos onde está a vibração em cada um dos sons citados.

Foi dito que no despertador do celular, por exemplo, existe um alto-falante que se analisado de maneira criteriosa, emite sons devido a sua vibração. Ao bater a porta, o som é produzido devido ao choque entre ela e o batente, produzindo-se então uma vibração. Utilizando materiais que estão no próprio ambiente foi possível demonstrar essas vibrações, como a batida na mesa, um arranhão na capa da apostila, um grito.

Aproveitando o exemplo do grito, iniciou-se uma discussão sobre como a voz é produzida. Ao serem perguntados sobre como os sons vocais são produzidos, muitos responderam corretamente que a voz era produzida pela passagem de ar pelas cordas vocais que passavam a vibrar produzindo sons. Com isso foi feito o experimento proposto na *página 2*. Este simples experimento permite que se sinta através do dedo a vibração presente no som produzido quando falamos.

Ainda utilizando a lista de sons citados pelos alunos, foi possível classificá-los de acordo com a natureza de sua produção (batida, atrito ou movimentação de ar - sopro). Assim como propõe o GREF, o processo de listagem e classificação das coisas, no caso as “coisas do som”, promove a construção do conhecimento a partir dos exemplos cotidianos trazidos pelos alunos.

Na sequência, iniciou-se uma discussão sobre os instrumentos musicais. Assim como nos sons que havíamos citado, nos instrumentos também deve haver algum tipo de vibração para que o som seja produzido.

Para iniciar a discussão foi perguntado aos alunos se algum deles sabia tocar algum instrumento e qual era esse instrumento. No caso, três alunos sabiam tocar guitarra e violão, uma aluna e um aluno tocava piano, outra tocava teclado e outra fazia aulas de canto. Mesmo que mais da metade da turma não tocava nenhum instrumento, foi notável o empenho, dedicação e comprometimento de todos ao longo do curso. Esse fato pode mostrar que não é necessário saber tocar algum instrumento musical para se interessar por música e pela física do som.

Utilizando tambores, um triângulo, pandeiros, chocalhos, um agogô (todos esses instrumentos eram elementos utilizados nas aulas de música do colégio) e um bongo, iniciou-se a discussão sobre instrumentos de percussão, dizendo que normalmente são instrumentos que têm características rítmicas e produzem sons com alturas indefinidas, porém instrumentos como tímpano e xilofone podem emitir sons com alturas definidas. Disse a eles que o piano pode ser considerado um instrumento de percussão, já que para produzir vibração nas cordas, é necessário que elas sejam percutidas. Nesse caso podemos dizer que o piano pode ser um instrumento musical de percussão ou de corda.

Todos os instrumentos foram distribuídos aos alunos que passaram algum tempo experimentando suas sonoridades. Nesse momento foi visível o interesse de todos, sendo um momento de descontração, mas também de aprendizado, já que foi possível analisar que o formato, o material de construção de cada instrumento e a forma com que ele era tocado (com a mão ou com uma baqueta fornecida) possibilitavam diferentes sonoridades. O contato com os instrumentos e principalmente com os sons produzidos foi de fundamental importância para despertar o interesse dos alunos pelo tema tratado.

Seguindo com a discussão sobre instrumentos musicais, passou-se para os instrumentos de sopro. Assim como na atividade anterior, foram distribuídos aos alunos alguns instrumentos de sopro como: flauta doce, pífano, gaitas e cornetas. Nesse caso, foi visível que muitos alunos se sentiram mais intimidados em tocá-los, mesmo assim alguns desinibidos e curiosos fizeram suas tentativas, deixando a atividade bem descontraída.

Como poucos alunos se habilitaram a tocá-los, eu fiz algumas demonstrações com a flauta doce, o pífano e as gaitas. Como minhas habilidades com esses instrumentos são básicas, toquei um trecho de música (das poucas que sabia) em cada um deles, proporcionando mais um momento de grande descontração. Sabe-se que nem todos os professores de Física sabem tocar algum instrumento (acredita-se que são poucos), mesmo assim essas demonstrações são possíveis. Não é necessário que se toque uma música, mas sim, que se produza algum som com o instrumento.

Mostrou-se que produção do som em um instrumento de sopro se dá basicamente pela vibração de uma coluna de ar em seu interior, produzindo ondas sonoras com frequências que podem ser modificadas conforme o tamanho dessa coluna de ar, sendo que o aumento ou a diminuição dessa coluna de ar no interior do instrumento para a obtenção de diferentes frequências (notas) pode ser feito de diversas maneiras. Mostrou-se que na maioria dos casos o tamanho da coluna de ar é alterado através do fechamento ou abertura dos orifícios contidos no tubo, como em uma flauta, por exemplo. Esse procedimento pode ser realizado diretamente com a ponta dos dedos do músico ou através de chaves ou teclas. Foi dito também que alguns instrumentos como o órgão de tubos, por exemplo, possuem tubos com tamanhos e diâmetros fixos, nesse caso, o tamanho da coluna de ar vibrante é controlado por teclas.

No caso de não haver instrumentos disponíveis para as atividades, propõe-se a utilização de vídeos que possam ilustrar o funcionamento e a sonoridade dos mesmos. Dependendo da disponibilidade de recursos e tempo, propõe-se que sejam apresentados os instrumentos disponíveis, complementando com vídeos de instrumentos não disponíveis³.

Sobre os instrumentos de corda, não foi possível apresentar muitos instrumentos, apenas um violão, um cavaquinho e uma guitarra. Mas mesmo assim alguns alunos ficaram bastante empolgados em poder tocá-los. Foi importante incentivar os alunos a tocar ou pelo menos pegar os instrumentos mesmo não sabendo tocá-los, pois pode ser uma oportunidade de sentir como ele funciona e talvez futuramente criar um interesse em aprender a tocá-lo.

³ Consultar ANEXO 3

Foi demonstrado que nos instrumentos de corda, a produção do som se dá a partir da vibração de cordas tensionadas, cuja composição pode ser de materiais como fibras naturais (seda ou lã), crinas de animais, nylon ou fios de metal, podendo elas serem pinçadas, percutidas ou friccionada por um arco.

Foi apresentado que os instrumentos de corda se caracterizam por ter cordas presas em suas extremidades sobre uma caixa de ressonância que funciona como um amplificador do som produzido, sendo que normalmente o tamanho da corda (ou da parte vibrante da corda) pode ser modificado pressionando-a contra um braço, sendo que esse braço pode ser dividido em regiões definidas (como no violão pelos trastes) ou sem divisões definidas (como no violino). Em alguns instrumentos, como o piano, não é possível variar o tamanho da corda, nesse caso, as cordas já têm seus tamanhos e tensões definidas. Assim como o tamanho da corda, a espessura (densidade linear) e a tensão com que ela está submetida possibilitam variações nos sons emitidos por ela.

Depois das demonstrações, foi realizada uma atividade que estimulava os alunos a ouvir o som de um instrumento e dizer que instrumento esse som se referia e qual a classificação desse instrumento (corda, sopro ou percussão). Foi tomado o cuidado de selecionar todas as categorias de instrumentos procurando alguns que não haviam sido citados ou tocados⁴.

Para essa atividade também se sugere a utilização de vídeos como complemento. Vídeos de orquestras e grupos musicais populares em apresentações ao vivo podem servir como uma rica fonte de exemplos e discussões sobre as características sonoras e físicas dos instrumentos.

Depois de falar sobre as formas de produção do som e dos instrumentos musicais, foi feita uma atividade de percepção do silêncio proposta na *página 4* (Silêncio pessoal!).

As cortinas foram fechadas e as luzes apagadas, pediu-se então, que os alunos fechassem os olhos e após alguns segundos, dissessem o que eles ouviram. Mesmo quando todos estavam quietos, era possível ouvir sons vindos de fora da sala com pessoas falando e carros passando.

⁴ Localização dos arquivos no CD: E:\Módulo 1\Instrumentos

Foi pedido então que os alunos tampassem os ouvidos com as mãos e dissessem então o que estavam ouvindo. Nesse caso pode-se ouvir a respiração e alguns disseram que ouviam uma pulsação.

Essa atividade foi interessante para mostrar que é muito difícil obter silêncio absoluto, já que mesmo havendo silêncio no ambiente podemos ouvir o som de nosso corpo “funcionando”, levando em consideração também que muitas vezes ouvimos uma música, por exemplo, que fica em nossa mente mesmo quando não queremos. É comum algumas vezes acordarmos com uma música que fica “tocando em nossa cabeça” e mesmo fazendo esforço para “apagá-la”, ela volta de tempo em tempo.

Ao final desse módulo, notei que a atividade inicial da *página 4* (O que você tem ouvido?) deveria aparecer no início da apresentação, assim como ocorre no GREF, onde se inicia a discussão fazendo-se o levantamento das “coisas” que conhecemos e estão relacionadas com o assunto estudado. No caso, essas coisas seriam os sons que ouvimos durante nossa jornada diária. Por esse motivo, eu antecipei esse levantamento e na sequência, fizemos a classificação desses sons quanto à natureza da sua produção.

Essa mudança foi muito produtiva, pois tornou o início da apresentação mais interativa e divertida, já que os alunos puderam desde o início participar, alcançando assim um dos objetivos iniciais que era promover o diálogo e a participação de todos.

A atividade relacionada aos instrumentos musicais também foi muito proveitosa, ao passo que permitiu que os alunos tivessem um contato direto com os instrumentos e com os sons produzidos por eles, porém acredita-se que poderia ter tido maior profundidade, mais espaços para experimentação e exemplificação utilizando vídeos.

Módulo 2: Qual é a música?

Falar de música com adolescentes é sempre muito proveitoso, pois eles se interessam muito por esse assunto e, nesse sentido, esse módulo é fundamental para que os alunos se sintam estimulados a aprender sobre os

conceitos físicos existentes na produção dos sons e consequentemente nas produções musicais.

É importante que o professor incentive os alunos a demonstrarem suas preferências musicais. Essa participação enriquece o diálogo além de possibilitar novas experiências sonoras e musicais para todo o grupo.

Antes de iniciar o módulo, fiz a pergunta:

“Quantas horas do seu dia, aproximadamente, você passa ouvindo música?”

As respostas variaram de 1 a 6 horas por dia, mostrando que a música está presente no dia-a-dia dos alunos de modo efetivo. Alguns disseram que dependendo do dia passam mais ou menos tempo ouvindo música, mas todos afirmaram não passam um dia sem ouvir música.

Esse módulo inicia-se com a pergunta:

“Como terá surgido a música?”

Não se espera uma resposta correta, mas sim uma reflexão sobre o surgimento da música.

Foi colocado para os alunos que, independente do motivo pelo qual surgiu a música, ela existe há muitos anos e que apesar de sua constante renovação, continua fazendo parte da história da humanidade e, certamente, permanecerá como elemento fundamental para o desenvolvimento da sociedade por muito tempo.

Um aluno disse que para ele as primeiras músicas deveriam ser apenas batidas ritmadas e só depois deveriam ter aparecidos os sons musicais. A maioria dos alunos concordou com a colocação do colega.

Essa discussão pode ser ampliada com exemplos históricos. No caso, acredito que deveria ter ido mais longe com a discussão. Independente das preferências musicais de cada um é importante demonstrar a riqueza de fatos e sonoridades que fizeram e fazem parte da história da música⁵.

“Qual a sua música preferida?”

Foi a pergunta que deu seguimento à discussão sobre música.

⁵ Há um vídeo muito interessante que conta resumidamente a história da música (<http://www.youtube.com/watch?v=dpMBWdkKV3w>), porém não foi possível mostrá-lo aos alunos pois só fiquei sabendo da sua existência após o término do curso.

Pedi para que cada aluno dissesse apenas uma música que viesse a sua cabeça e que gostasse muito. No início os alunos ficaram confusos, dizendo, por exemplo: *“Mas eu gosto de várias!”*. Eu pedi, então, para que eles pensassem em uma música que recentemente havia lhes chamado mais a atenção.

Com o auxílio de um computador conectado à internet foi possível reproduzir todas as músicas citadas⁶. Foi muito interessante, pois os alunos se mostraram estimulados em mostrar suas preferências musicais para o grupo. Outro ponto que deve ser destacado é a variedade de gêneros e preferências. As diferenças musicais puderam promover uma discussão muito saudável sobre como apreciar uma música independente do gênero musical. Apareceram diversos gêneros musicais: *blues, pop-eletrônico, pop-rock, rock dos anos 60, rock-progressivo, eletrônico, sertanejo e black-metal*.

Essa diversidade de preferências permitiu que fossem ouvidas músicas que talvez muitos deles não tivessem o costume de ouvir, possibilitando assim ampliar seu repertório musical.

Para cada aluno que dava seu exemplo eu perguntava o motivo de sua preferência por aquela música.

Uns disseram que era por causa da batida (principalmente os alunos que citaram as músicas eletrônicas). Um disse que era a letra e o som da guitarra (esse aluno escolheu um Blues). Outra aluna disse que ela escolheu aquela música, pois a letra remetia a um fato histórico importante e que trazia para ela um sentimento de emoção.

Ao final de todas as explicações os alunos pediram para que eu dissesse a minha música preferida. Como eles, eu também fiquei confuso, pois tenho várias preferências, mas mostrei uma música do grupo inglês Radiohead e que eu havia escolhido, pois gosto muito da sua sonoridade e da forma com que ela é cantada trazendo uma carga muito grande de emoção e melancolia.

Com essa variedade de gêneros pôde-se falar sobre como alguns gêneros podem agradar ou desagradar, mas é importante que a música seja ouvida sem preconceitos, ou seja, quanto mais músicas e gêneros diferentes nós ouvirmos, mais capacitados estaremos para escolher o que gostamos ou

⁶ www.youtube.com

não. Nesse caso, foi dito que mais interessante que classificar uma música como boa ou ruim, seria dizer se a música agrada ou não agrada. A música é uma expressão artística e como toda expressão artística devemos respeitá-la e apreciá-la antes de julgá-la. Quanto mais diversificado for nosso “repertório”, mais possibilidades teremos de escolher o que gostamos ou não gostamos. Como posso dizer que não gosto de uma música ou de um tipo de música que nunca ouvi?

Uma pessoa que só ouve um tipo de música (só ROCK, por exemplo), está limitando sua capacidade de conhecer novas sonoridades. O preconceito é nocivo em todos os sentidos, inclusive o preconceito musical. A diversidade musical promove uma diversidade de emoções que enriquece os indivíduos intelectualmente, culturalmente e socialmente.

Com a lista de músicas da atividade anterior foi possível analisar as diferenças e semelhanças presentes em cada composição. Foi feita uma classificação pela época que elas foram compostas, separando também as mais lentas das mais agitadas.

Foi feita também uma análise dos instrumentos utilizados em cada música, identificando quais eram comuns em duas ou mais músicas e quais apareciam em apenas uma delas. Notou-se que guitarra, baixo e bateria apareceram em quase todas as músicas.

Ficou evidente que os gêneros musicais citados possuem semelhanças quanto aos instrumentos musicais utilizados, mas também muitas diferenças quanto ao ritmo, melodia e letra.

Discutiu-se que mesmo havendo semelhanças relativas aos instrumentos musicais utilizados, as diferenças podiam estar relacionadas às intenções dos compositores e intérpretes. Usando instrumentos semelhantes é possível criar diversos “tipos” de músicas, ou seja, diversos gêneros musicais⁷.

Essa grande diversidade de possibilidades ressalta ainda mais a beleza da arte, no caso, da música. A criatividade do artista permite que seus sentimentos sejam expressos independentemente do gênero musical escolhido. Isso caracteriza a liberdade de criação do compositor, e nós como ouvintes, devemos estimular também a liberdade de apreciação. Essa

⁷ Localização dos arquivos no CD: E:\Módulo 2\Gêneros Musicais

liberdade nos permite cada vez mais conhecer sobre música mesmo que não sejamos músicos.

Ainda falando sobre as possibilidades de composição de uma música, foi perguntado se eles conheciam alguma música que havia sido gravada por diferentes artistas.

Uma aluna citou o grupo Sambô que interpreta músicas famosas de grupos de rock em ritmo de samba, utilizando pandeiro, cavaquinho e outros instrumentos característicos do samba. Outro aluno citou o grupo Apocalyptica, que faz versões de músicas de Heavy Metal interpretadas por um quarteto de violoncelistas, promovendo uma sonoridade semelhante a de uma música clássica. Outra aluna disse que muitos cantores sertanejos regravaram sucessos da música Pop. Após os exemplos eu apresentei algumas versões de músicas tocadas por artistas de diversos gêneros⁸.

Módulo 3: Que onda é essa?

É muito comum que a primeira coisa que vem a nossa cabeça quando falamos em ondas são as ondas do mar, porém muitos outros exemplos podem ser encontrados no nosso cotidiano.

Esse módulo propõe um estudo mais aprofundado do comportamento vibratório que caracteriza o som. A análise desse comportamento fundamenta o estudo das ondas, estudo este que faz parte dos conteúdos presentes no currículo de Física do Ensino Médio, porém vale ressaltar que grande parte dos materiais didáticos de Física aborda o estudo da ondulatória muitas vezes de maneira isolada de suas aplicações práticas. Acredita-se que a aproximação de elementos cotidianos da vida do aluno no aprendizado de conceitos físicos, como por exemplo, as ondas, possa criar maior empatia por saberes que por muitas vezes não fazem sentido quando apresentados de forma sistemática e abstrata.

Para o início da discussão foi perguntado aos alunos:

“Onde podemos encontrar as ondas?”

⁸ Localização dos arquivos no CD: E:\Módulo 2\Versões

Alguns exemplos foram dados:

Celular

Televisão

Radio

Micro-ondas

Calor

Som

Roteador wireless

Luz

Raio x

Infravermelho

Bluetooth

Uma aluna perguntou se a onda do forno micro-ondas era uma onda de calor. Eu expliquei que a onda emitida no forno micro-ondas é uma onda eletromagnética, assim como é a onda de calor, porém ela não transmite o calor para o alimento, mas faz com que as moléculas de água contidas nele entrem em ressonância com essas ondas, aumentando assim sua energia de vibração, aumentando assim a temperatura do mesmo através do processo de condução e convecção do calor.

Eu salientei que o fenômeno de ressonância seria explicado com mais detalhes posteriormente. Mesmo assim ressaltei que a pergunta havia sido muito pertinente, incentivando-os a perguntar sempre que uma dúvida surgisse.

Como introdução ao assunto sobre as ondas, foi tocada a música “*Como uma onda*” de Lulu Santos e Nelson Motta⁹. A ideia era que os alunos identificassem na letra alguma característica presente nos fenômenos ondulatórios, porém antes de iniciar essa análise, pedi para que eles prestassem atenção nos sons compunham a música e identificassem os instrumentos utilizados¹⁰.

Durante a execução os alunos foram enumerando:

⁹ Localização dos arquivos no CD: E:\Módulo 2\Como uma Onda

¹⁰ Durante a execução da música, percebi que muitos alunos cantaram junto, assim tive a ideia de usá-la posteriormente na atividade final em que “faríamos um som!”.

Algum tipo de percussão (batidas) – pandeiro – bongo

Violão

Voz

Baixo

Um violino – que ao final concluiu-se que era uma guitarra tipo havaiana, ou uma guitarra tocada com um “slide”.

Coincidentemente eu tinha um e pude explicar que o *slide* é um cilindro aberto nas duas extremidades, aproximadamente do tamanho de um dedo indicador de uma mão adulta, que pode ser de vidro, metal ou acrílico. Ele é colocado em um dos dedos da mão utilizada para pressionar as cordas contra o braço do instrumento (violão ou guitarra, no caso). Usando um violão, pude mostrar que pressionando com o dedo uma das cordas, tocando-a e deslizando o dedo ao longo do braço do violão, ao passar de uma nota para outra (mudando-se a casa pressionada) nota-se que os trastes (elevações que dividem o braço) interferem no som emitido, produzindo uma sensação de fragmentação do som produzido. Quando esse movimento é feito com a utilização do *slide*, o som passa a ser contínuo, não sendo percebidas as variações sonoras produzidas pela interferência dos trastes. Essa experiência pode ser feita com outros elementos rígidos e lisos, como um copo ou uma garrafa de vidro, produzindo um efeito muito interessante.

Voltando à letra da música, foi perguntado em qual frase aparecia uma característica presente nas ondas, exceto nas frases que citam as ondas do mar. Rapidamente um aluno identificou a frase “*Num indo e vindo infinito*”.

Elogiando sua boa percepção, eu acrescentei que o termo “indo e vindo” remetia ao que havia sido falado anteriormente sobre as vibrações presentes na produção de sons. Disse que a onda é caracterizada por ir e vir, ou seja, repetir o seu movimento de oscilação ou vibração. Essa característica da onda pode ser chamada de periodicidade e que na letra da música ouvida, foi usada como uma metáfora para a nossa vida. Como informação complementar, foi dito que parte da letra dessa música utiliza um fragmento de um poema de Vinicius de Moraes chamado “O Dia da Criação”¹¹ encontrado no seu primeiro verso:

¹¹ http://www.viniciusdemoraes.com.br/site/article.php3?id_article=159

*Hoje é sábado, amanhã é domingo
A vida vem em ondas, como o mar
Os bondes andam em cima dos trilhos
E Nosso Senhor Jesus Cristo morreu na Cruz para nos salvar.*

Usando a lista de exemplos citados inicialmente, perguntei a eles qual era a diferença entre as ondas sonoras e as ondas de rádio.

Um aluno disse que o som vibra. Como complemento eu disse que independente do tipo da onda, sempre haverá algum tipo de vibração em um fenômeno ondulatório.

Outra resposta foi relacionada à forma de propagação. Eu pedi para que ele exemplificasse.

Ele disse:

“No violão a madeira vibra junto com a corda”.

Eu então complementei que o som do violão seja ouvido completamente ele necessita da madeira que compõe o corpo, pois somente a corda esticada sem o corpo de madeira emitiria um som de baixíssima intensidade.

Na sequência fiz a pergunta:

“E as ondas do rádio, precisam de algum material para se propagar?”

O mesmo aluno respondeu:

“Não”.

A participação desse aluno foi muito importante, pois assim comecei a explicar que algumas ondas necessitam de um meio material para se propagarem, como o som e as ondas do mar, por exemplo. No caso das ondas do mar, sem a água elas não existiriam. No caso das ondas de rádio, não há necessidade que haja um meio material para que elas se propaguem.

Uma aluna perguntou:

“E o calor, precisa?”

Antes de responder fiz uma pergunta:

“Para que o calor do Sol chegue até a Terra é necessário que haja matéria?”

Ela respondeu:

“Acho que não.”

Eu complementei:

“Mesmo que haja algum tipo de matéria entre o Sol e a Terra, nesse espaço há pouquíssima quantidade de matéria, mas mesmo assim o calor chega até nós. E agora, responda você: O calor necessita de matéria para se propagar?”

Ela disse sorrindo:

“Não.”

Para finalizar eu brinquei dizendo que se o calor necessitasse de matéria para se propagar a Terra seria uma enorme “bola de gelo”.

Após essa discussão muito interessante, foi possível classificar as ondas que dependem de um meio material para se propagarem como ondas Mecânicas e as ondas que não necessitam de meio material para se propagar como ondas Eletromagnéticas.

Disse aos alunos que independente do tipo da onda, medindo o número de vibrações completas por unidade de tempo, define-se uma grandeza fundamental presente nos fenômenos ondulatórios denominada Frequência, sendo que a medida do número de vibrações completas por segundo é unidade de frequência do Sistema Internacional de Unidades (S.I.) denominada Hertz (Hz).

A pergunta feita na sequência foi:

Onde encontramos as frequências?

Mais uma vez fui anotando no quadro os exemplos citados:

TV

Computador (no processador)

Som (no afinador)

Rádio (nas estações)

Fez-se uma pausa, então complementei:

“Podemos considerar a frequência cardíaca?”

A resposta foi positiva.

“E a frequência escolar?”

Todos concordaram.

No caso dos dois últimos exemplos, disse que a frequência medida não está relacionada com um comportamento ondulatório, mas podemos identificar a semelhança, pois se trata da medida de eventos repetidos por unidade de tempo.

Pedi que eles citassem uma estação de rádio de sua preferência. Logo um aluno disse: “89,1”.

Complementei dizendo que é muito comum que identifiquemos uma estação de rádio apenas por um número, mas é importante salientar que todas as estações de rádio são identificadas por um número e pela unidade que o acompanha, por exemplo, 89,1 MHz, sendo que o M (mega) que acompanha os Hz significa 10^6 ou 1.000.000. Então 89,1 MHz significa que as ondas emitidas por essa emissora de rádio tem frequência de 89,1 MHz, ou seja, realizam 89.100.000 oscilações completas por segundo. Muitos alunos mostraram admiração pelo elevado número de oscilações realizadas pela onda em apenas um segundo.

Utilizando um rádio foi possível que todos identificassem no “*dial*” as diversas frequências que identificam as emissoras de rádio.

Foi dito então que as frequências também caracterizam os sons que ouvimos, assim foi usado o exemplo presente na *página 10* que classifica as vozes dos cantores, baixo, barítono, tenor contralto e soprano.

Para cada categoria citada foi mostrado um vídeo que possibilitou que os alunos ouvissem a diferença das sonoridades de cada cantor¹².

Seguindo com o estudo das ondas, foram demonstradas outras características das ondas que são fundamentais para a sequência dos estudos sobre o som com o auxílio de uma mola de brinquedo.

No material também é sugerido que se faça essa experiência com uma corda, porém achei mais conveniente realizá-la com uma mola.

Segurando uma das extremidades da mola e pedindo para que um aluno voluntário segurasse a outra extremidade, iniciaram-se as demonstrações.

Fazendo a mola vibrar na direção perpendicular ao seu comprimento, demonstraram-se as características das ondas Transversais e fazendo a mola

¹² Consultar ANEXO 3

vibrar na direção paralela ao seu comprimento, demonstraram-se as características das ondas Longitudinais.

Usando o exemplo de uma onda transversal foi definido que a distância entre dois pontos de altura máxima (crista) consecutivos ou a distância entre dois pontos de altura mínima (vale) consecutivos é denominada Comprimento de Onda. Foi demonstrado, também, que nas ondas longitudinais esse comprimento poderia ser definido como a distância entre dois pontos de compressão consecutivos. Assim definiu-se que o comprimento de onda (λ) seria a distância percorrida por uma onda para realizar uma oscilação completa.

Produzindo na mola uma onda transversal, mostrei que se aumentarmos a velocidade de vibração consequentemente aumentamos a frequência da onda e diminuindo a velocidade de vibração produzimos ondas de baixa frequência.

Com esse exemplo, mostrou-se visualmente que o aumento da frequência de uma onda tem como consequência a diminuição de seu comprimento de onda, analogamente conclui-se que diminuindo a frequência, aumenta-se o comprimento de onda. Essa relação foi analisada com detalhes na sequência do material, onde são discutidas as relações entre frequência, comprimento e velocidade de uma onda, utilizando a Equação da Onda.

Outra característica fundamental de uma onda foi mostrada aumentando e diminuindo a intensidade da vibração. Quando transferiu-se muita energia na vibração da mola, aumentou-se a amplitude da onda formada. Do mesmo modo, diminuindo a intensidade da vibração reduziu-se a amplitude da onda formada.

Como exemplo, foi pedido que eles refletissem como funciona um eletrocardiograma. Desenhando no quadro de maneira muito simplificada, mostrei que a cada “batida” produzida pelo coração notava-se um aumento de amplitude na onda reproduzida pelo exame.

Foi apresentado que outra grandeza muito importante que caracteriza as ondas é o Período, dizendo que o período de uma onda (T) é definido como o tempo necessário para que ela percorra a distância de um comprimento de onda.

Ainda utilizando a mola e produzindo nela ondas transversais, analisamos que a direção de propagação dessa onda formada é única, ou seja, ondas com essas características são denominadas ondas Unidimensionais.

Pedi a eles que se imaginassem jogando uma pedra em um lago ou piscina e analisando a movimentação da superfície da água. Neste caso, notaríamos que a propagação das ondas formadas ocorreria em duas direções, assim, as ondas formadas são denominadas ondas Bidimensionais.

Ainda pensando no exemplo da pedra no lago, mas imaginando que além da movimentação produzida na superfície da água ocorram também vibrações sob a superfície, disse que encontraríamos mais uma direção de propagação para essas ondas formadas, assim as ondas formadas poderiam ser denominadas ondas Tridimensionais.

Ao final da discussão sobre as características e os tipos de onda, propôs-se uma questão presente na *página 12*.

“Quando largamos separadamente e da mesma altura duas pedras de massas diferentes em um lago, notaremos que a pedra de maior massa provocará maiores ondas. Porque isso ocorre? Qual a principal característica da onda formada é alterada devido à massa da pedra?”

Um aluno respondeu:

“As ondas serão maiores, pois o peso é maior, nesse caso há maior impacto.”

Eu complementei dizendo que neste caso haveria maior deslocamento de água e perguntei:

“E qual a característica da onda é alterada?”

Prontamente o mesmo aluno respondeu:

“A amplitude.”

Para uma maior reflexão eu pedi para que eles imaginassem um barquinho colocado na superfície desse lago e soltássemos as pedras separadamente. Disse que as ondas produzidas pela pedra de menor massa seriam menores e provocariam baixa elevação do barquinho, porém a pedra de maior massa provocaria grandes elevações no barquinho, demonstrando assim, que a amplitude da onda está diretamente ligada com a energia

transferida na vibração. No caso do som poderíamos dizer que quanto maior o volume (maior a energia sonora) maior a amplitude das ondas sonoras produzidas.

Na mesma página pede-se para que os alunos classifiquem a onda sonora.

Primeiro perguntei:

“É uma onda mecânica ou eletromagnética?”

Todos responderam:

“Mecânica!”

Depois a pergunta foi:

“Ela é transversal, longitudinal?”

Alguns disseram que ela era transversal e outros disseram que ela era longitudinal. Para ilustrar eu pedi para que eles olhassem para o alto-falante da caixa de som utilizada na apresentação e dissessem como ele vibra. Assim todos disseram com convicção:

“É longitudinal.”

A última pergunta foi:

“O som é uma onda unidimensional, bidimensional ou tridimensional?”

Todos responderam:

“Tridimensional.”

Como exemplo eu coloquei o rádio ligado sobre uma mesa no meio da sala e disse que poderíamos ouvir o som emitido por ele em todos os lugares daquela sala, caracterizando-o como onda tridimensional.

Utilizando um vídeo¹³ foi mostrado um exemplo de como a “ola” é produzida pelos torcedores para a realização de outra atividade proposta na *página 12*. Esse exemplo visual foi fundamental para ilustrar o fenômeno, mas também serviu como um momento de descontração para os alunos, já que esse módulo apresenta muitas informações técnicas que muitas vezes não são apreciadas por eles.

Juntamente com os alunos, foi feita uma estimativa do comprimento total da onda produzida, ou seja, a distância total para ela percorresse toda a plateia. Supondo que o tamanho do campo de jogo era de aproximadamente

¹³ <http://www.youtube.com/watch?v=wTeHBtNjhkM>

100 metros e tivesse 50 m de largura, estimou-se que a distância total poderia ser da ordem de 300 m. Com o auxílio de um cronômetro, observou-se o vídeo e mediu-se o tempo de uma volta completa obtendo-se o valor de 37 segundos.

Dividindo-se a distância total percorrida pelo tempo total chegou-se a conclusão que a velocidade de propagação daquela “ola” era aproximadamente 8 m/s. Esse resultado pode não ter uma aplicação prática, porém incentiva a participação dos alunos e a observação de uma situação que pode fazer parte da sua realidade, mesmo que eles não tenham participado de uma “ola”, com certeza eles já viram em algum momento de sua vida.

Ainda usando o vídeo da “ola”, foi perguntado:

“É uma onda mecânica ou eletromagnética?”

Todos responderam:

“Mecânica!”

“É transversal ou longitudinal?”

Alguns responderam transversal e outros responderam longitudinal.

Eu coloquei:

“Em que sentido as pessoas levantam o braço?”

Resposta:

“Para cima.”

“E para onde a onda se propaga?”

Resposta:

“Para o lado.”

Eu complementei:

“Se a vibração é para cima e a propagação é para o lado qual conclusão chegamos?”

Resposta:

“Transversal.”

Última pergunta:

“Ela é unidimensional, bidimensional ou tridimensional?”

Junto com o silêncio notei algumas expressões de dúvida.

Perguntei:

“A onda não é formada na superfície da arquibancada?”

Eles responderam.

“Sim.”

“Então?”

Resposta:

“Bidimensional.”

Na mesma página de atividades foi proposto um exercício que relaciona as notas musicais produzidas em diapasões e suas respectivas frequências.

Com esse exercício pode-se mostrar mais um exemplo do aparecimento das frequências, agora nas notas musicais. Foi interessante que alguns alunos responderam que a alternativa correta deveria ser o item a) e outros o item d), porém por um erro de digitação a questão possuía duas alternativas corretas, a) e d).

Analisando o item a), vimos que a nota Lá tem maior frequência que a nota Ré, portanto seu comprimento de onda será menor. A velocidade do som é igual para as duas notas, pois se supõe que os dois sons se propagam no mesmo meio. Comentei que não faria sentido se o som de cada nota se propagasse com velocidade diferente, caso isso acontecesse se tocássemos um acorde (duas ou mais notas tocadas simultaneamente) em um instrumento ouviríamos cada nota desse acorde separadamente, o que seria muito estranho. Analisando o item d) vimos que a frequência do som da nota Dó é menor que o da nota Sol, portanto seu comprimento de onda será maior.

Mesmo que sem intenção, o erro de digitação cometido foi interessante para que fossem analisadas duas situações opostas.

Módulo 4: A trajetória do som

Até agora havíamos visto que o som é produzido pela vibração de uma fonte sonora e que a energia dessa vibração pode ser representada em forma de ondas que chegam até nossos ouvidos. Foi perguntado aos alunos:

“Mas como o som chega aos nossos ouvidos?”

A resposta foi:

“Pelo ar.”

Outra pergunta foi feita por mim:

“Na chegada do homem à Lua foi possível ouvir as palavras de Neil Armstrong através da transmissão das redes de rádio e TV. Como esse som chegou até nós?”

Para ilustrar a pergunta foi passado um vídeo que mostra Neil Armstrong chegando à Lua¹⁴.

Basicamente os alunos responderam que o som chegava através de ondas de rádio, ou seja, ondas eletromagnéticas.

Para completar a discussão coloquei que o som da voz do astronauta (ondas mecânicas) era captado por um microfone, transformado em sinais elétricos, transformado em seguida, em ondas de rádio (ondas eletromagnéticas), transmitidas para um satélite que finalmente, enviavam esses sinais para a Terra, sendo esse processo similar à transmissão feita por estações de rádio convencionais, conhecidas por todos.

Outra pergunta feita por mim:

“É possível o som se propagar no vácuo?”

Respostas:

“Não.”

“Por quê?” Perguntei:

Um aluno respondeu:

“Porque o som é uma onda mecânica e depende da matéria para se propagar.”

Complementei dizendo que no caso do som que ouvimos, o ar é a matéria que ele necessita para se propagar. Assim, fazendo vibrar uma fonte sonora, transfere-se essa vibração para as moléculas de ar em sua volta fazendo com elas passem a vibrar produzindo assim, regiões de compressão e rarefação, caracterizando uma onda de pressão. Considerando que essas ondas de pressão se propagam através do ar, poderíamos dizer que elas terão uma velocidade determinada, que depende das características físicas do ar. Isso já havia sido falado no último exercício do módulo anterior.

Na página 14 propõe-se a seguinte questão:

Por que nossa voz fica diferente quando inalamos gás Hélio? Você já fez ou viu alguém fazendo essa experiência?

¹⁴ <http://www.youtube.com/watch?v=cwZb2mqld0A>

Antes das respostas, foi exibido um vídeo¹⁵ no qual o apresentador de um programa de TV e seu convidado fazem essa experiência com o gás hélio de uma maneira muito divertida, provocando muitos risos na turma. No vídeo, o apresentador também faz a mesma experiência, porém com outro gás (ele diz que é hexafluoreto) que deixa sua voz mais grave.

Após o vídeo retomei a pergunta inicial.

Um aluno disse que o ar tem uma composição diferente do gás hélio, portanto a voz sai diferente.

Disse que estava correto, mas para completar expliquei que ao falarmos, o ar é impulsionado pelo diafragma, passa pelas pregas (cordas) vocais fazendo com que elas vibrem e então o som sai pela nossa boca. Trocando o ar pelo gás hélio, muda-se a forma com que as cordas vibram, mudando assim o som de nossa voz. Como o gás hélio é menos denso que o ar, sua velocidade de propagação é maior, fazendo com que a frequência de vibração das pregas vocais aumente, tornando a voz mais fina, ou seja, mais aguda. No caso do gás que torna a voz mais grossa, ou seja, mais grave, aplica-se o mesmo raciocínio, porém nesse caso a densidade do gás usado (hexafluoreto) deve ser maior que a do ar, fazendo com que sua velocidade de propagação seja menor diminuindo assim a frequência de vibração das pregas vocais.

Foi salientado que esse tipo de experiência não deve ser feita por tempo prolongado podendo causar diversos problemas devido à falta de oxigênio nos pulmões.

Outra pergunta sugerida na *página 15* foi feita:

“Onde o som é mais rápido? Nos sólidos, nos líquidos ou nos gases?”

A resposta foi imediata:

“Nos sólidos.”

“Por quê?”

Resposta:

“Porque as moléculas estão mais juntas.”

Complementando foi dito que como o som é uma onda mecânica, ou seja, depende de um meio material para se propagar quanto mais próximas estiverem as moléculas desse meio, maior será sua velocidade de propagação.

¹⁵ http://www.youtube.com/watch?v=61JNfA_VkOI

Com a tabela apresentada nesta mesma página ficou evidente que a velocidade do som é diferente em diferentes meios de propagação.

Para exemplificar, foi dado o exemplo de alguns filmes de faroeste em que os índios põem o ouvido no chão para ouvir se a cavalaria está chegando, já que o som chega mais rápido pelo solo (sólido) do que pelo ar (gasoso). Um aluno citou o exemplo dos desenhos animados em que o personagem põe o ouvido no trilho do trem para saber se o trem está chegando.

Nesta página ainda foram demonstradas as relações existentes entre a velocidade de propagação de uma onda, sua frequência de vibração e seu comprimento através da Equação de Onda.

Usando o violão, foi possível demonstrar as mudanças ocorridas no som emitido por uma corda quando variamos o comprimento da parte vibrante. Primeiro foi tocada apenas uma corda solta e ouvimos o som emitido por ela. Pressionando a corda contra o braço (pestana) foi diminuído o tamanho da parte vibrante da corda e tocada novamente.

Foi feita a pergunta:

“O que mudou na corda?”

Resposta de um aluno:

“A frequência.”

“Correto, mas por que a frequência mudou?”

“Porque você mudou o tamanho da corda.”

“Exato. Mudando o tamanho da corda estamos diminuindo o comprimento da onda formada (λ), neste caso, se diminuirmos o comprimento da onda, o que ocorre com a frequência do som?”

“Aumenta.” Respondeu o aluno.

“Isso mesmo. Diminuindo o comprimento da onda, neste caso, o comprimento da corda, aumenta-se a frequência do som emitido por ela, ou seja, o som fica mais agudo.”

Usando um pífano e uma flauta doce, foi possível demonstrar o que foi concluído anteriormente, porém na flauta as ondas são formadas no seu interior, portanto quando todos os dedos estão tampando os orifícios, teremos uma onda com o maior comprimento possível, ou seja, o som emitido terá a menor frequência possível. Soltando o dedo que tampa o último orifício, diminuimos o comprimento da onda formada, pois o ar sairá por ele e não mais

irá até o fim do tubo (flauta). Nesse caso a frequência do som emitido será maior, ou seja, o som emitido será mais agudo. Analogamente, tirando um dedo de cada vez do fim para o começo da flauta, teremos som cada vez mais agudos (frequências mais altas), pois o comprimento das ondas formadas diminuirá.

Analizamos o formato de um violão e comparando com um cavaquinho notamos que eram muito semelhantes, porém com tamanhos diferentes. Tocando-os separadamente percebemos que o som do cavaquinho era mais agudo que do violão, ou seja, a frequência dos sons emitidos é maior.

Utilizando um bongo como exemplo, vimos que ele consiste de dois pequenos “tambores” com tamanhos diferentes, neste caso, notou-se que o “tambor” menor emitia sons mais agudos enquanto o “tambor” maior emitia sons mais graves.

Foi salientado que não é apenas o tamanho do instrumento que define a característica do som emitido por ele, mas que podemos utilizar esses exemplos para demonstrar a relação existente entre o comprimento da onda e a sua frequência.

Para demonstrar que outros fatores podem modificar o som emitido por um instrumento, usou-se novamente o violão como exemplo.

Tocando todas as cordas soltas, nota-se que cada uma emite um som característico.

Foi feita a pergunta:

“O que muda em cada corda para que elas emitam sons diferentes?”

Resposta do aluno:

“A frequência.”

“Correto. Mas o que provoca a mudança na frequência?”

Resposta:

“Cada corda tem uma espessura.”

“Perfeito. Cada corda tem espessura diferente, portanto cada uma tem uma densidade linear própria. E qual a diferença do som de uma corda mais grossa para uma corda mais fina?”

Resposta:

“A corda grossa tem um som mais grosso e a corda fina tem um som mais fino.” Todos riram. Eu complementei:

“É isso mesmo. A corda grossa que tem maior densidade emite um som mais “grosso”, ou seja, mais grave, de baixa frequência. Consequentemente, a corda mais fina cuja densidade é menor emite um som mais fino, ou seja, mais agudo, de alta frequência. Mas além do tamanho da corda e da sua espessura (densidade), o que pode ser mudado nela para que o seu som seja alterado?”

Uma aluna respondeu:

“Apertando.”

“Exato. Aumentando ou diminuindo a tensão (força) aplicada à corda, alteramos o som emitido por ela. Mas o que acontece com o som quando aperto?”

“Fica mais agudo.” Disse a aluna.

E assim eu fui “apertando” cada vez mais uma corda e tocando-a. Notou-se que quanto mais tensionada, mais agudo era o som. Afrouxando a corda e simultaneamente tocando-a, notou-se que o som ficava cada vez mais grave.

Nesse sentido, foi demonstrada uma expressão que relacionava a velocidade de propagação (V) na corda com a tensão (T) aplicada a ela e sua densidade linear (μ). Vale ressaltar que essa expressão não consta no material, mas achei importante demonstrá-la durante essa discussão.

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

Como vimos anteriormente, a frequência da onda é diretamente proporcional à velocidade de propagação da onda. Com essa expressão fica possível demonstrar matematicamente que a velocidade de propagação e a frequência da onda numa corda é diretamente proporcional à tensão aplicada a ela e inversamente proporcional à sua densidade linear.

Salientei que esse raciocínio também pode ser feito utilizando outros instrumentos de corda (cavaquinho, baixo, violino, piano, etc.) e também alguns instrumentos de percussão que utilizam uma pele esticada que vibra como pandeiro, bongo, tamborim, entre outros. Nesse caso o tamanho do

instrumento, o tipo da pele (densidades diferentes) e a forma com que essa pele é esticada, interferem diretamente no som emitido por ele.

Na página 16 propõe-se uma questão:

“Como variar a frequência do som emitido pela lâmina ou régua de pág. 14? Qual o submúltiplo de λ corresponde a parte livre da lâmina?”

Fazendo esse experimento, rapidamente os alunos responderam a primeira pergunta dizendo que era só alterar o tamanho da régua, ou melhor, da parte vibrante da régua.

A segunda pergunta não foi respondida. Os alunos ficaram confusos.

Foi explicado que a extremidade vibrante da régua correspondia à crista (na parte mais alta) e ao vale (na parte mais baixa) de uma onda, portanto se considerarmos que a parte presa da régua na mesa é o início do movimento, a parte vibrante da régua corresponde a $\lambda/4$.

Apesar de não fazer parte do material, foi proposta uma atividade de construção de “telefones” utilizando copos de plástico, barbante e palitos de dente.

Fazendo um furo no fundo do copo, passa-se o barbante por ele e na ponta do barbante amarra-se um palito de dentes quebrado na metade. O mesmo procedimento é feito para a outra extremidade do barbante, formando assim, um “telefone”. Essa experiência é muito divertida, pois os alunos podem confeccionar seus “telefones” e por algum tempo podem conversar e brincar com seus companheiros.

Foi interessante que a primeira dupla que conseguiu fazer o “telefone” tentou se comunicar com ele, mas não teve êxito. Sem que eu dissesse o que estava errado, eles perceberam que só funcionaria se o barbante estivesse esticado.

Com o barbante frouxo, a energia sonora não consegue se propagar pelo fio. Com o barbante esticado a energia sonora se propaga por ele promovendo um efeito muito interessante.

Para acrescentar eu sugeri que eles cruzassem os fios de dois ou mais telefones e conversassem coletivamente. Eles se divertiram bastante com essa atividade.

Módulo 5: Os caminhos do som

Vimos que o som produzido por uma fonte sonora se propaga através do ar até chegar a nossos ouvidos, porém em sua trajetória pode se deparar com diversos obstáculos que podem alterar algumas características desse som. Em nossa casa, por exemplo, quando queremos bloquear o som que vem da rua fechamos a janela, a porta, a cortina e, em certos casos, tampamos nossos ouvidos.

“Que tipo de material é eficiente para bloquear sons indesejados?”

Um aluno respondeu:

“Sonex”

Outro:

“Fofinho.” Risos.

Eu perguntei.

“Como é o sonex?”

O aluno respondeu sorrindo:

“Fofinho.”

“Exato. Isopor e espuma também são bons para bloquear sons.”

Todos concordaram.

“O que esse material faz com o som?”

Reposta do aluno:

“Absorve.”

“Isso mesmo. Imaginem que eu jogue uma bola de tênis nessa parede. Ela baterá na parede e voltará com uma determinada velocidade. Suponha que eu coloque uma espuma na parede e jogue a bola contra a espuma. Neste caso, a bola voltará com uma velocidade bem menor do que na situação anterior. A espuma absorverá parte da energia cinética da bola assim como ela absorverá a energia de uma onda sonora que incidir nela.”

Foi dito que materiais “fofinhos” absorvem total ou parcialmente a energia sonora e por isso podem ser chamados de isolantes acústicos. Ambientes revestidos com materiais rígidos como paredes e azulejos, por exemplo, tendem a refletir o som que neles incide.

Um aluno fez uma pergunta muito interessante:

“Numa casa de shows quando está vazia e tem uma banda tocando ouvimos o som de um jeito, quando a casa está cheia ouvimos o som diferente. Por quê?”

“Quando está vazia, o som produzido pela banda sofre muitas reflexões na parede e pilares, sofrendo pouca absorção. Quando a casa está cheia, as pessoas servem como absorvedores desse som, modificando as características do som no ambiente.”

Disse aos alunos que em alguns casos, dependendo do material do “obstáculo” que o som encontra, parte desse som é absorvida, parte ultrapassa o “obstáculo” e parte é refletida, sendo que a reflexão do som pode produzir dois fenômenos distintos conhecidos como eco e reverberação.

“Vocês já ouviram o eco?”

Todos responderam:

“Sim.”

“E a reverberação?”

Um aluno respondeu:

“No pedal da guitarra tem o reverb.”

Para os que não conheciam, eu expliquei que o *reverb* é um efeito eletrônico que simula a reverberação.

“Há diferença entre o som da sua voz no banheiro e na sala da sua casa, por exemplo?”

Todos responderam que sim.

Foi dito então que os humanos só conseguem distinguir dois sons distintos se o intervalo de tempo entre eles for igual ou superior a 0,1 segundos. Se um obstáculo refletor estiver à distância suficiente para que isso ocorra, o som refletido será reconhecido como eco. Caso um som refletido atinja nosso ouvido durante a percepção do som emitido, teremos a sensação de prolongamento do som, ou seja, o som que é refletido irá dar continuidade ao som direto, sendo esse fenômeno denominado reverberação.

Para exemplificar foi dito que quando falamos dentro do banheiro percebemos que o som fica diferente do que quando falamos na sala. As paredes do banheiro têm características refletoras, já na sala temos o sofá, a cortina, o tapete, entre outros que absorvem o som, promovendo menos reflexões.

Foram mostrados alguns exemplos de eco e reverberação¹⁶.

“Você já participou de alguma apresentação musical na quadra do seu Colégio? Como estava a qualidade do som?”

Respostas:

“Horrível!”

“Embolado.”

“Por que isso ocorre?” Eu perguntei.

Resposta:

“Porque tem muitos materiais reflexivos.”

“Como são as paredes em uma sala de cinema?”

Respostas:

“Acarpetadas.”

“Fofinhas.”

“Com alguns ângulos.”

Complementei que esses materiais evitam que ocorram muitas reflexões. O mesmo ocorre em casas de show e teatros. Já alguns ambientes são construídos com o objetivo de enfatizar essas reflexões, como por exemplo, igrejas e catedrais. A reverberação do som pode servir, em alguns casos, como um amplificador do som, assim o som produzidos por um coral de vozes, por exemplo, preenche todo o ambiente dando a sensação de que o som está vindo de todos os lados, causando uma sensação de grandeza e divindade à música cantada.

Continuando a discussão, coloquei que dependendo do obstáculo encontrado, um som pode ser absorvido, refletido e até atravessar esse obstáculo. A característica das ondas de “desviar” dos obstáculos é denominada Difração.

Para demonstrar esse fenômeno, eu saí da sala deixando a porta aberta. De fora da sala sem que os alunos me vissem eu gritei. Ao voltar para a sala, perguntei se ele tinham ouvido. Todos disseram que sim. Com isso, expliquei que mesmo não estando de frente para a porta, o som emitido por mim contornou a parede, passando pela porta chegando aos seus ouvidos, caracterizando o fenômeno da difração sofrido pelas ondas sonoras.

¹⁶ Localização dos arquivos no CD: E:\Módulo 5\Efeitos

Com o auxílio de um aparelho de rádio, foi possível mostrar que há algumas interferências ao sintonizarmos certas estações, dizendo que essas interferências ocorrem, pois as frequências emitidas por duas emissoras podem estar muito próximas causando uma interferência impedindo-nos de ouvir claramente o som emitido por elas separadamente. Assim, quando duas ou mais ondas que se propagam em um mesmo meio se encontram em alguma posição desse meio, naquela posição haverá uma superposição das ondas originando um efeito dado pela soma algébrica das amplitudes de cada uma dessas ondas que se encontraram caracterizado como interferência. Essa interferência se dá pela superposição linear de ondas, sendo a amplitude de um ponto a soma das amplitudes das ondas superpostas, podendo essa interferência ser construtiva ou destrutiva.

Para ilustrar alguns problemas causados pela interferência foi lido o quadro proposto na *página 19*.

A seguir foi feito o exercício proposto na *página 20*.

“Considerando que a velocidade do som no ar é 340 m/s, a qual distância, em relação a uma fonte sonora, deve estar localizado um obstáculo para que ocorra o fenômeno do eco?”

Multiplicando o tempo mínimo para que a pessoa consiga distinguir os dois sons (0,1s) pela velocidade do som no ar (340 m/s) obtém-se 34m, que corresponde à distância percorrida pelo som para ir até o obstáculo e voltar até a pessoa. Considerando que o tempo que o som demora a chegar ao obstáculo é igual ao tempo gasto para voltar até a pessoa que o emitiu, conclui-se que a distância da pessoa até o obstáculo é metade do valor calculado, ou seja, 17m.

A resolução do *problema de vestibular* proposto segue o mesmo raciocínio do problema proposto anteriormente, sendo a resposta correta o item d) 1,7 m.

Perguntando aos alunos se eles conheciam outros efeitos sonoros produzidos eletronicamente, notou-se que apenas os dois alunos que sabiam tocar guitarra se manifestaram, citando diversos exemplos:

Overdrive

Phaser

Distorcion

Fuzz

Flanger

Chorus

Com o auxílio de um software de edição e composição musical¹⁷, foi possível demonstrar a sonoridade provocada por alguns desses efeitos citados¹⁸.

Módulo 6: Encontros e Reencontros do som

Para iniciar essa discussão, usou-se como exemplo uma corda presa nas suas duas extremidades, como uma corda de violão. Provocando nessa corda uma vibração, foi mostrado o desenho de uma onda se propagando pela corda em um determinado sentido. Ao atingir a extremidade fixa ela sofre uma reflexão com inversão de fase e assim, a onda incidente e a onda refletida se interferem tanto construtivamente como destrutivamente formando uma onda estacionária. Nos pontos onde ocorrem interferências destrutivas formaram-se os nós ou nodos e as regiões entre dois nós consecutivos são denominadas ventres, sendo que no ponto médio entre esses dois nós a amplitude de oscilação é máxima.

Complementei que as ondas estacionárias também podem ser estudadas nos tubos sonoros, como a flauta, por exemplo. O estudo mais detalhado desse comportamento das ondas sonoras será posteriormente desenvolvido com maiores detalhes.

O exercício proposto na *página 22* apresentou uma situação na qual pudemos analisar a formação de ondas estacionárias em uma corda.

Neste exercício deve-se considerar que o dedo que prende a corda no ponto C corresponderá ao nó e o ponto B corresponderia ao ventre. Após essa informação complementar perguntei a eles quais pontos então, corresponderiam aos ventres, jogando os pedacinhos de papel para cima.

A resposta foi: *D, F e H*.

¹⁷ O software utilizado chama-se REASON 4.0

¹⁸ Localização dos arquivos no CD: E:\Módulo 5\Efeitos

Continuando a discussão sobre fenômenos sonoros, foi dito que a superposição de duas ou mais ondas sonoras com frequências diferentes, mas com valores próximos produzem o fenômeno de interferência como vimos anteriormente, porém como essas frequências são muito próximas, ouviremos uma sucessão de sons fortes (interferência construtiva) e sons fracos (interferência destrutiva), esse fenômeno é denominado Batimento. Quanto mais próximas as frequências, menor a frequência de batimento. Para exemplificar esse fenômeno foi utilizado um site¹⁹ que apresenta possibilidades de combinação de ondas sonoras resultando no fenômeno do batimento.

Inicialmente foram combinados dois sons com mesma frequência:

Notou-se que o resultado da somatória das amplitudes das duas ondas resulta em uma onda com mesma frequência, porém com amplitude maior, ou seja, a amplitude da onda resultante é a soma das amplitudes das ondas iniciais.

Fazendo a combinação de dois sons com frequências diferentes: 440 Hz e 441 Hz, tivemos como resultado:

¹⁹ http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/923/fis_batimento.htm

Combinando dois sons com frequências 440 Hz e 442 Hz a onda resultante assumiu uma nova característica.

Quando tocados separadamente, foi difícil distinguir a diferenças entre os sons, porém quando tocados juntos ficou muito claro o aparecimento do fenômeno do batimento.

Assim como demonstrado na expressão do cálculo da frequência de batimento foi possível ouvir que, quanto maior a diferença entre as frequências, maior será a frequência do batimento.

Para demonstrar a utilização do batimento na afinação de alguns instrumentos musicais, foi utilizada uma guitarra ligada a um amplificador. Inicialmente fez-se a demonstração com um violão, mas os alunos tiveram dificuldade de identificar o fenômeno, pois o som emitido tinha baixa intensidade. Com a guitarra foi possível regular o volume, assim a identificação sonora do fenômeno se tornou mais clara.

Foi explicado que tocando a 6ª corda (contando de baixo para cima) presa na 5ª casa com o dedo e simultaneamente tocando a 5ª corda solta, deve-se obter a mesma nota caso a guitarra esteja afinada. Para demonstrar o batimento fui aos poucos variando a tensão aplicada à 5ª corda de modo que fosse percebido o fenômeno do batimento. Quanto menor a frequência do batimento, mais próximo da afinação ideal estava a 5ª corda. Isso pode se repetir para as outras cordas.

Eu salientei que hoje em dia existem diversos recursos para afinarmos uma guitarra ou um violão, porém é interessante que o músico saiba afinar seu instrumento sem a utilização de recursos eletrônicos.

Um dos alunos perguntou por que quando tocamos a 6ª corda presa na 5ª casa a corda de baixo vibra.

Se essas cordas do violão ou da guitarra, no caso, estiverem afinadas, as notas (frequências) emitidas pelas duas cordas são iguais, assim, a vibração da 6ª corda é transferida para a 5ª corda fazendo com que ela entre em ressonância e passe a vibrar mesmo não sendo tocada.

Essa pergunta serviu como suporte para iniciar a discussão sobre o fenômeno da ressonância, dizendo que ao empurrar uma criança sentada em um balanço com uma frequência igual à frequência de oscilação livre do balanço, notamos que a amplitude de oscilação tende a aumentar.

Foi dito que em um violão, por exemplo, uma corda vibrando, transfere a energia vibratória para o corpo do violão, também denominada caixa de ressonância, que passa a vibrar com a mesma frequência do som emitido pela corda, fazendo com que o som seja amplificado. Como demonstração tocou-se o violão demonstrando sua sonoridade.

A mesma experiência foi feita com uma guitarra elétrica. Como o corpo é maciço, ou seja, não possui nenhuma cavidade para que o som entre em ressonância, o som emitido teve intensidade muito baixa. Neste caso, é necessário um mecanismo elétrico, no caso os captadores, que têm como função transmitir a vibração em forma de pulsos elétricos para um amplificador, que então, reproduzirá o som produzido pelas cordas em uma intensidade maior.

Complementando, foi dito que a caixa de ressonância para amplificação do som emitido é utilizada nos instrumentos denominados acústicos, ou seja, instrumentos que não necessitam de recursos elétricos para amplificar seu som.

Pedi para que eles dessem alguns exemplos de instrumentos acústicos. Os instrumentos citados foram:

Cavaquinho

Piano

Bateria

Violino

Flauta

Pandeiro

“Você já ouviu falar que é possível quebrar uma taça de cristal com a voz? Você acha isso possível?”

Alguns alunos disseram que já haviam visto alguém quebrando uma taça de cristal em um programa de televisão. Para ilustrar foi exibido um vídeo²⁰ que trata desse tema.

Esse vídeo mostrou que os vidros do Supremo Tribunal Federal em Brasília foram estilhaçados após a passagem de um avião da força aérea próximo ao prédio. No vídeo também foi mostrado que é possível quebrar uma taça de cristal apenas com a voz. Porém é necessário que o som emitido pela voz entre em ressonância com as moléculas do cristal, fazendo com que a amplitude da vibração aumente a ponto de quebrar a taça.

Outro exemplo de ressonância foi mostrado em outro vídeo²¹.

Esse vídeo mostrou que uma ponte construída no Estreito de Tacoma, no estado de Washington (EUA) desabou durante uma tempestade devido as fortes rajadas de vento. Isso ocorreu, pois a estrutura da ponte entrou em ressonância com a vibração provocada pelo vento, aumentando a amplitude dessas vibrações até que a estrutura não resistisse e desabasse. Os alunos ficaram impressionados com esse vídeo, pois mostra uma ponte de concreto se contorcendo como se fosse um pedaço de papel.

Pedindo para que algum aluno fizesse com que seu telefone celular tocasse no modo vibratório (sem som) foi possível demonstrar mais um exemplo de ressonância. Quando o telefone estava em minhas mãos, não foi possível ouvir nenhum som emitido por ele, porém quando o coloquei sobre uma mesa, foi possível ouvir um som. Neste caso, a mesa serviu como uma caixa de ressonância, amplificando as vibrações produzidas pelo telefone, possibilitando que ouvíssemos um som.

Ainda utilizando o telefone, porém agora pedindo para que o aluno reproduzisse alguma música, fizemos a experiência proposta na *página 24*.

Primeiro deixamos a música tocar por algum tempo. Colocando o aparelho dentro de um balde e colocando o ouvido próximo ao balde, foi notada uma mudança na qualidade do som.

²⁰ <http://www.youtube.com/watch?v=yttf-Jiyquc&NR=1&feature=endscreen>

²¹ <http://www.youtube.com/watch?v=Boe4XF4aVh0>

Notou-se que o som era amplificado, ou seja, o balde funciona como uma caixa de ressonância. Todos os alunos fizeram essa experiência e se divertiram muito.

Para demonstrar as características do som emitido pela vuvuzela, utilizei uma vuvuzela desmontável. Nesse caso, foi muito interessante, pois quanto mais seu tamanho aumentava, mais intenso era o som emitido por ela. Sugeri que todos os alunos a tocassem, mas só alguns se arriscaram, provocando um momento de descontração na turma.

Para a discussão sobre o Efeito Doppler foi perguntado:

“Você já percebeu que quando uma ambulância passa por você com a sirene ligada, o som da sirene fica diferente conforme ela se afasta de você? Será que o motorista da ambulância percebe essa diferença no som?”

Um aluno disse que havia mudança no som e que achava que para o motorista o som não mudaria.

Para ilustrar eu exibi um vídeo²² que mostra uma corrida de Fórmula 1 filmado das arquibancadas. Nesse vídeo foi possível notar a diferença do som emitido pelo motor do carro ao passar pela filmadora, antecipando assim a atividade proposta na *página 24*.

Foi notado através do vídeo que quando o carro se aproximava da câmera o som ficava mais agudo e quando ele se afastava o som ficava mais grave. Concluindo, foi dito que se há aproximação da fonte em relação ao ouvinte, a frequência do som percebido pelo ouvinte será maior (som mais agudo) do que ele perceberia se a fonte e ele estivessem parados. Havendo o afastamento da fonte em relação ao ouvinte, a frequência do som percebido pelo ouvinte será menor (som mais grave) do que ele perceberia se a fonte e ele estivessem parados.

A atividade do Pêndulo Sonoro da *página 24* foi feita, porém não teve grandes efeitos.

Eu senti dificuldade em amarrar o aparelho celular no barbante, assim fiquei com medo que ele escapasse, caísse e quebrasse. Por esse motivo fiz segurei o aparelho na mão e movimentando o braço fiz com que ele oscilasse.

²² <http://www.youtube.com/watch?v=9x-HK3CARD4>

Acredito que o resultado seria melhor se o som emitido pelo aparelho fosse contínuo (talvez um toque de chamada, por exemplo) e não uma música, pois na música pode haver muitas variações de frequência tornando difícil a identificação das mudanças de frequência do som pelo movimento do aparelho.

Módulo 7: Como ouvimos?

Até agora vimos como o som é produzido e as diversas possibilidades de interações sofridas por ele até ele chegar aos nossos ouvidos, mas o que acontece com o som quando chega aos nossos ouvidos?

Como início dessa discussão foi apresentado o texto a seguir:

Na física, o som, na verdade, não passa de vibrações. Mas na psicologia, o som é uma espécie de experiência que o cérebro extrai do seu meio ambiente. Onde o físico encontra energia, o psicólogo encontra informações. Um físico pode medir precisamente um volume de som, mas nenhum psicólogo teria a menor ideia de como avaliar uma quantidade de música. Um físico lhe dirá que as agitações das moléculas de ar são bem parecidas para quaisquer ouvidos, sejam os de um sapo, de uma vaca ou de um ser humano. Mas um psicólogo advertirá que as sensações derivadas dessas vibrações variam intensamente, de uma espécie para a outra. (JOURDAIN, 1998)

Nesse sentido, foi dito que alguns sons ou músicas podem ser desagradáveis para uns e agradáveis para outros. Usando como exemplo a música de Black-Metal sugerida por um dos alunos, foi possível notar que alguns alunos da turma gostaram e outros não. Nesse caso não deveríamos dizer que a música é ruim ou boa, pois cada pessoa interpretará sua sonoridade de acordo com suas preferências.

Iniciando a discussão sobre o que acontece quando o som chega aos nossos ouvidos, foi dito que inicialmente as vibrações propagadas em forma de onda sonora pelo ar atingem o pavilhão auditivo, que juntamente com o canal

auditivo externo e o tímpano, compõem o ouvido externo. A orelha, denominada pavilhão auditivo, tem como principal função a localização espacial do som, servindo também como um amplificador dos sons captados. Para exemplificar, foi dito que quando uma pessoa não está ouvindo algum som, é comum que ela coloque a mão (em forma de concha) perto da orelha para tentar ouvir melhor. Neste caso, a mão teria a mesma função do balde utilizado na atividade da *página 24*. Um aluno fez uma observação muito pertinente dizendo que alguns cachorros levantam a orelha quando querem ouvir um som que lhe chama à atenção.

Continuando foi colocado que após passar pelo pavilhão auditivo, o som entra no canal auditivo. Esse canal é um tubo de aproximadamente três centímetros de comprimento que termina no tímpano, que ao ser atingido pelas ondas sonoras, vibra com uma frequência igual à da onda sonora incidente.

Nesse momento foi dito aos alunos que evitassem utilizar os chamados “bastões de algodão” e muito menos outros materiais (grampos, chaves, palitos, etc.) para limpeza do ouvido, pois devido ao comprimento reduzido do canal auditivo (aproximadamente 3 centímetros) e a alta sensibilidade do tímpano, esses bastões poderiam danificar gravemente o aparelho auditivo. Para a limpeza do ouvido é recomendado que se procure um profissional especializado (otorrinolaringologista).

Outra questão foi proposta:

“Como em um microfone, onde uma membrana recebe variações de pressão e transfere mecanicamente a informação para um sistema que a transforma em um sinal elétrico, o tímpano se comporta analogamente como a membrana de um microfone. Se as ondas sonoras fossem transversais ao invés de longitudinais, nosso ouvido seria capaz de “perceber” os sons? Explique o que ocorreria.”

Nenhum aluno respondeu a essa pergunta, então usando o bongo, mostrei que se com a mão eu provocasse uma vibração paralela à pele (como se estivesse esfregando sua superfície), tínhamos um som com baixa intensidade, assim ocorreria em nosso tímpano se o som se propagasse na forma de ondas transversais. Depois bati com a mão perpendicularmente à pele do bongo, produzindo um som de alta intensidade. É assim que as ondas

sonoras (longitudinais) incidem em nosso tímpano, por esse motivo, se as ondas sonoras fossem transversais, não ouviríamos tão bem como ouvimos.

Em seguida pedi para que os alunos comparassem o formato do pavilhão auditivo com o formato de uma corneta.

Para essa comparação eu usei a vuvuzela (corneta) e mostrei que seu formato se assemelhava ao pavilhão auditivo. Foi pedido para que os alunos colocassem a corneta com a parte onde se assopra próxima ao ouvido e notasse o que ocorria. O que se notou foi que a corneta amplificava os sons externos. Todos os alunos fizeram essa experiência e se divertiram muito.

A explicação sobre o ouvido médio e ouvido interno foi feita, porém acredito que a maneira com que foi colocada, não provocou muito interesse por parte dos alunos. Então, passou-se para a discussão sobre a saúde auditiva perguntando se já haviam sentido seu ouvido “zumbir” após passar uma noite em uma “balada” ou show ouvido músicas com volume muito alto.

Todos os alunos disseram que já passaram por essa situação e para alguns, isso ocorre frequentemente. Foi alertado a todos que esses danos causados no aparelho auditivo são irreversíveis e devem ser evitados sempre que possível. Para continuar a discussão sobre danos provocados ao aparelho auditivo foram lidos os dois textos “Fatos e Números” e “Fone de ouvido pode prejudicar a audição?” propostos nas *páginas 27 e 28*. Com isso falou-se da importância de cuidarmos de nosso aparelho auditivo, principalmente aquele que têm costume de ouvir músicas com volume alto utilizando-se de fones de ouvido.

Continuando, foi feita a pergunta:

“Você já sentiu como se seu ouvido estivesse entupido ao subir ou descer a serra? Você saberia explicar por que isso ocorre?”

Todos os alunos responderam que já haviam sentido essa sensação e disseram que isso ocorria por causa da diferença da pressão atmosférica.

Como complemento foi dito que ao descer a serra, a pressão no ouvido externo fica maior do que no ouvido interno, o que causa um desconforto auditivo. Parece que estamos com os ouvidos tampados ou até sentimos dor. Expliquei que quando a pressão no ouvido externo é maior do que a do ouvido médio, o tímpano fica estirado para dentro, não sendo capaz de exercer suas funções de forma normal. Ao aumentarmos a pressão no ouvido médio,

colocando ar para dentro desse último através da trompa de Eustáquio, ou tuba auditiva, a qual está ligada à garganta, estabilizamos a pressão dos dois lados da membrana timpânica e voltamos a ouvir normalmente. Esse desconforto auditivo também pode ocorrer quando subimos a serra, ou melhor, quando a pressão no ouvido externo é diminuída. Nesse caso o tímpano fica estirado para fora e a sensação auditiva é igual. Da mesma forma, estabiliza-se a pressão dos dois lados da membrana timpânica através da trompa de Eustáquio. Em seguida foi perguntado:

“Você já ouviu sua voz em uma gravação? Por que ela parece diferente?”

Alguns alunos disseram que já haviam ouvido sua voz gravada e era muito diferente do que eles estavam acostumados.

“Fica horrível!” Disse uma aluna.

Foi dito então que quando gravamos nossa voz (não levando em consideração a qualidade do gravador), o som gravado corresponde ao som que saiu da boca, porém quando ouvimos nossa própria voz ao falarmos, devemos levar em conta o som produzido e percebido internamente, ou seja, as vibrações que ocorrem na nossa “cabeça”, por isso, nossa voz parece diferente na gravação somente para nós, mas não para os outros que estão acostumados a ouvir apenas o som que sai por nossa boca.

Pedi para que os alunos tampassem os ouvidos com a mão e falassem alguma coisa. Quando fazemos isso, estamos ouvindo nossa voz apenas “internamente”, nesse caso ela nos soa diferente. Essa “voz interna” somada com a “voz externa” faz com que cada um ouça sua própria voz diferente do que as outras pessoas ouvem.

Uma aluna disse que tampar o ouvido enquanto está cantando é uma técnica usada por cantores para saber se está ou não mantendo a afinação ao cantar.

Módulo 8: O que ouvimos (ou não)

No início da discussão deste módulo foi colocado que o ouvido humano é capaz de perceber diferentes sons em diferentes situações, porém em

algumas situações podemos ouvir ou não ouvir um determinado som. Essa capacidade de ouvir ou não um som depende das características do nosso aparelho auditivo combinadas às características do som propriamente dito. Foi perguntado então:

“Quais as características fundamentais do som (onda sonora) para que ele seja percebido por um ouvido considerado saudável?”

Uma aluna disse:

“O tamanho da onda.”

“Como assim o tamanho?” Perguntei.

Com as mãos, ela fez o movimento de uma onda levantando verticalmente a mão.

Eu disse:

“O tamanho da onda, nesse caso se refere à amplitude da onda?”

Ela disse que sim.

Como exemplo, bati com pouquíssima intensidade no bongo, mostrando que com pouca força o som produzido era difícil de ouvir. Porém quando aumentei a energia da batida, o som ficou muito mais intenso e perceptível. Aumentando a força da batida, neste caso, aumentou-se a amplitude da onda sonora produzida. Foi lembrado o exemplo das pedras com massas diferentes jogadas em um lago. A pedra de maior massa produzirá ondas de maior amplitude devido a uma maior energia transferida para a água.

“Além da amplitude da onda, qual outra característica da onda pode ser responsável para que um som seja audível ou não?”

Um aluno respondeu:

“A frequência.”

Complementando a resposta, foi colocado que ouvido humano possui uma limitação em perceber sons devido à sua frequência. Essa limitação se dá entre as frequências de 20 Hz a 20.000 Hz, valendo ressaltar que esses limites podem variar de acordo com as características do aparelho auditivo de cada um. Esse intervalo entre 20 Hz e 20.000 Hz é chamado de faixa audível de frequências.

Usando um software de produção e edição de som²³, foi possível produzir sons e visualizar os formatos das ondas que caracterizavam cada som²⁴.

Para iniciar foi demonstrado um som de frequência 2000 Hz;

Esse som serviu para termos uma referência.

Uma aluna disse que parecia o som da campainha do forno micro-ondas.

O próximo foi de frequência 20 Hz:

Todos tiveram dificuldade de ouvir esse som, mesmo aumentando o volume. Devido à qualidade da aparelhagem de som disponível, notou-se que um ruído interferiu na percepção do som estudado.

Aumentando a frequência para 30 Hz, foi possível ouvir o som, porém a qualidade da aparelhagem não era compatível para a distinção de sons com frequências baixas e um ruído predominava sobre o som em estudo.

²³ O software utilizado chama-se Sound Forge 9

²⁴ Localização dos arquivos no CD: E:\Módulo 8\Ondas

No limite máximo de frequência (20.000 Hz) o problema de ruído se repetia, porém a qualidade do som emitido foi melhor e a maioria dos alunos pode identificar o som, mesmo estando no limite das frequências audíveis.

Continuando a discussão, foi dito que quando analisamos como a frequência da onda sonora interfere no som produzido, estamos analisando a sua Altura. Diferente do que é comum ouvirmos, a altura do som não está relacionada com o seu volume. Como vimos anteriormente, o volume está relacionado com a amplitude da onda e sua Intensidade Sonora. De acordo com a Altura do som, classificamos os sons como grave, para um som de baixa frequência, ou agudo, para um som de alta frequência.

Disse então que o contrabaixo, por exemplo, é um instrumento musical que emite sons (notas) graves, ou seja, notas com frequências baixas, por isso o nome contrabaixo. Outros instrumentos foram citados como exemplo: existem diversos modelos de saxofone, entre eles estão o sax-alto e o sax-baixo. Como o nome diz, o sax-alto emite sons agudos e o sax-baixo emite sons graves. Salientou-se que esse tipo de classificação também está relacionado ao tamanho do instrumento. Instrumentos que emitem sons agudos são menores que os instrumentos que emitem sons graves. Mesmo sem ver, podemos distinguir pelo som do latido se um cachorro é grande ou pequeno.

Mesmo não constando no material, achei interessante apresentar o cálculo da frequência dos harmônicos produzidos em uma corda vibrante, utilizando como exemplo novamente o violão.

Uma corda de violão, por exemplo, ao vibrar produzirá ondas estacionárias, como foi visto anteriormente. Cada onda estacionária produzida terá uma frequência definida, sendo que cada uma dessas frequências recebe o nome de harmônico. A onda de menor frequência é denominada frequência

fundamental ou primeiro harmônico. Essa onda define a “nota” emitida pela corda.

Analisando a figura foi possível analisar as características dos harmônicos subsequentes, que correspondem a ondas com frequências que têm seus valores múltiplos da frequência fundamental, valendo ressaltar que o primeiro harmônico tem maior intensidade, assim o som emitido por ele prevalece sobre os demais harmônicos e também corresponderá à menor frequência produzida na corda, chegando-se à expressão que define a frequência (F) de cada harmônico:

$$F = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Sendo que n é o número do harmônico, L é o comprimento da corda, T é a tensão aplicada na corda e μ é a densidade linear da corda.

Com isso, foi demonstrado que a frequência da onda produzida em uma corda, e conseqüentemente do som emitido por ela, será diretamente proporcional à tensão aplicada a ela e inversamente proporcional ao comprimento e à densidade linear da corda.

Foi visto então que uma das condições para que possamos ouvir ou não um som é a frequência da onda sonora, no caso dos humanos, as frequências audíveis estão entre 20 Hz e 20.000 Hz. Então perguntei:

“Qual a outra condição para que possamos ouvir ou não um som?”

Resposta:

“A intensidade.”

Complementando, disse que a intensidade do som está diretamente relacionada com o volume do som. Na onda sonora, a intensidade está relacionada com a amplitude dessa onda, ou seja, a energia transmitida pela fonte sonora.

Com a figura seguinte foi possível observar ondas sonoras de mesma frequência, porém com intensidades diferentes:

Sendo o sistema auditivo humano sensível a grandes variações de intensidades, usa-se uma escala logarítmica para definir o Nível de Intensidade Sonoro (NS). O Nível de Intensidade Sonora é uma medida psicofísica, ou seja, ele relaciona a Intensidade Sonora real da fonte com o limiar da audição humana ($I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$), que corresponde à mínima intensidade que um ouvido humano consegue perceber. Portanto, o Nível de Intensidade Sonora é uma grandeza que está diretamente relacionada com o ouvido humano e é representado em decibéis (dB) e é quantificado pela lei de Weber-Fechner, apresentada na *página 31*.

Para exemplificar, foi apresentado o quadro da *página 32* que relaciona o Nível de Intensidade Sonora percebido em algumas situações.

Para demonstrar como podemos calcular o Nível de Intensidade sonora, foi utilizado a questão inicial da *página 32*.

De acordo com a tabela ao lado, determine a intensidade sonora, em W/m^2 , para a situação de tráfego pesado. Utilize a lei de Weber-Fechener para a resolução desse problema.

Como na turma havia alunos de 1ª, 2ª e 3ª séries do Ensino Médio, alguns deles não haviam aprendido a teoria dos logaritmos e outros não lembravam, achei melhor resolver juntamente com eles esse problema. Para isso foi necessário fazer uma pequena apresentação da teoria dos logaritmos para assim, resolvê-lo.

O que foi notado é que os alunos ficam assustados quando se deparam com problemas desse tipo. Acredito que problemas como esse sejam interessantes, mas no caso desse trabalho, provocou uma ruptura no diálogo. Os alunos, em sua maioria, têm pouca afinidade com as representações matemáticas dos fenômenos e tendem a dispersar sua atenção nesses momentos.

Voltando para exemplos relacionados à música, foi colocado que a intensidade sonora está relacionada à Dinâmica Musical. As notas que compõem a música podem ser tocadas com diferentes intensidades, dependendo da “força” com que cada uma é tocada. Nesse sentido, a graduação das intensidades proporciona uma sensação dinâmica (de movimento) ao ouvirmos sua execução.

Como exemplo de variação das intensidades sonoras durante a execução de uma música, foi utilizada a música *Bolero de Ravel*²⁵. Durante a execução foi possível perceber que a intensidade da música vai aumentando gradativamente até que atinge seu ápice no final. Essa música não possui uma grande variação melódica, portanto fica mais fácil perceber as mudanças na intensidade com o passar do tempo.

²⁵ Localização do arquivo no CD: E:\Módulo 8\Bolero-Ravel

Antes de apresentar a música, perguntei se alguém a conhecia e apenas três alunos responderam afirmativamente. Ao final, alguns alunos até aplaudiram timidamente, indicando que eles gostaram de ter ouvido.

Com o auxílio do software utilizado anteriormente²⁶ foi possível visualizar a dinâmica crescente da música apresentada graficamente:

Foi então perguntado aos alunos se eles poderiam dar algum exemplo de músicas que apresentassem variações de intensidade durante sua execução:

Alguns exemplos foram dados:

5ª Sinfonia de Beethoven

9ª Sinfonia de Beethoven

Bohemian Rhapsody – Queen

Civil War – Guns'n Roses

One – Mettlica

Devido à falta de tempo, optei por não tocar as músicas, porém acredito que deveria ter apresentado pelo um ou dois exemplos dos citados, pois seria mais uma maneira de trazer as experiências dos alunos, enriquecendo ainda mais essa discussão.

Para finalizar o módulo foram propostos dois exercícios de vestibular da *página 32*.

1. (Unicamp-SP) O italiano Luciano Pavarotti, conhecidíssimo cantor de ópera, possui uma extensão de voz que varia aproximadamente entre o “dó” (128 Hz) e o “lá” (440 Hz), sendo classificado como tenor. Já um contralto

²⁶ Soud Forge 9

compreende uma extensão de voz que vai, pelo menos, de “sol” (196 Hz) a “mi” (659 Hz). A classificação citada, que pode ainda envolver barítonos, baixos, sopranos e mezzo-sopranos, está calcada na qualidade fisiológica do som conhecida como:

- a) Intensidade*
- b) Altura*
- c) Timbre*
- d) Volume*
- e) reverberação.*

Uma aluna disse timbre.

Outros dois alunos falaram intensidade.

Eu disse então que o texto fala sobre as frequências mínimas e máximas que os cantores podem atingir com sua voz.

Um aluno confirmou que a resposta era intensidade.

“Por que você acha que é a intensidade?” Eu perguntei.

“Porque ele fala do alcance da voz.”

Logo outro aluno afirmou: *“Altura.”*

“Por que altura?” Perguntei.

“Porque fala de frequência.”

Como complemento eu disse:

“Correto. Quando falamos das frequências relacionadas às ondas sonoras, estamos relacionando os sons graves e agudos, ou seja, estamos falando da qualidade fisiológica Altura. É muito comum que haja a confusão de altura com intensidade, mas nesse problema, não está sendo citada a intensidade da voz do cantor, ou seja, a potência vocal dele, mas sim a extensão vocal em relação ao som mais grave e o som mais agudo que ele consegue emitir. Portanto a alternativa correta é a b) altura.”

Foi então proposto o segundo exercício:

2. (PUC-MG) *Em linguagem técnica, um som que se propaga no ar pode ser caracterizado, entre outros aspectos, por sua altura e por sua intensidade. Os parâmetros físicos da onda sonora que correspondem às características mencionadas são, respectivamente:*

- a) comprimento de onda e velocidade.*

- b) *amplitude e velocidade*
- c) *velocidade e amplitude*
- d) *amplitude e frequência.*
- e) *frequência e amplitude.*

Mesmo depois de ter sido falado anteriormente que a altura do som estava relacionada com a frequência da onda sonora, a maioria dos alunos confundiu novamente altura com intensidade, respondendo que altura está relacionada com a amplitude da onda e a intensidade está relacionada com a frequência da onda, assinalando como correta a *alternativa d*).

Quando eu disse que a altura relacionava sons graves e agudos, alguns alunos mudaram de opinião e passaram a afirmar corretamente que altura estava relacionada com a frequência da onda e a intensidade estava relacionada com amplitude, assinalando então a *alternativa e*).

Para confirmar, pedi para que eles voltassem até as páginas 30 e 31 para confirmar o que havia sido afirmado. Eles então puderam afirmar com toda certeza que a alternativa correta era a *alternativa e*).

Módulo 9: Notas e Escalas

Até o presente momento, vimos como um som pode ser produzido por uma fonte sonora, como ele se propaga através de um meio material interagindo com esse meio e finalmente, como esse som é percebido pelo nosso aparelho auditivo. Vimos que esses sons possuem diversas características físicas e psicofísicas, porém como podemos “transformar” um som em música?

É importante ressaltar que a proposta desse trabalho não é formar músicos, mas sim apresentar conceitos básicos de teoria musical que, associados aos conceitos presentes na Física do Som (Acústica), possam trazer para o ensino de Física, particularmente o ensino de Acústica, uma abordagem que dê ênfase às discussões e às experimentações, permitindo que os alunos tenham contato com diferentes sonoridades musicais e desse

modo, se sintam mais estimulados a aprender sobre os conceitos físicos presentes nessas diferentes sonoridades.

Para o início da discussão foi feita a pergunta:

“Todo som pode virar música?”

A maioria dos alunos afirmou que sim.

Eu complementei que é muito comum associarmos a música aos instrumentos musicais, porém não é só nos instrumentos musicais que encontramos a música. Há muitos exemplos de artistas que se utilizam de equipamentos aparentemente não musicais para fazer música.

Acrescentei que o músico brasileiro *Tom Zé*²⁷, utiliza em algumas de suas composições aparelhos elétricos, como por exemplo esmeril e enceradeira, como instrumentos musicais. O grupo musical *G.E.M. (Grupo Experimental de Música)*²⁸, constrói instrumentos musicais utilizando materiais recicláveis que aparentemente não teriam nenhuma característica musical. O grupo brasileiro *Barbatuques*²⁹ utiliza somente o corpo como instrumento musical.

Disse a eles que muitas são as possibilidades de se usar diferentes equipamentos em uma composição musical, porém cabe ao compositor experimentar e escolher a sonoridade que mais lhe agrada para cada composição. A curiosidade e a criatividade são elementos importantes na formação de um artista. Assim como um pintor escolhe as cores que usará em sua pintura, o músico escolhe as sonoridades que usará em sua composição musical, e para escolhê-las é preciso ouvi-las e se necessário modificá-las até que encontre a sonoridade que lhe agrada.

Nesse início de discussão foi importante retomar o que já havia sido dito anteriormente sobre músicas boas ou músicas ruins, enfatizando que o gosto musical de cada pessoa deve ser respeitado. Uma música pode ser agradável para uma pessoa, mas desagradável para outra, não caracterizando que essa música é boa ou ruim. “Experimentar” novas sonoridades pode possibilitar novos pontos de vista para os ouvintes, podendo aumentar sua capacidade crítica com relação às diferentes formas de expressão artística.

²⁷ <http://www.tomze.com.br/>

²⁸ <https://pt-br.facebook.com/grupoexperimentaldemusica>

²⁹ <http://www.barbatuques.com.br/br/>

Como os alunos afirmaram, todos os sons podem virar música, ou seja, podem se tornar notas musicais, então perguntei:

“Mas quais são as notas musicais?”

Todos os alunos disseram: *“Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá e Si”*.

Como curiosidade foi mostrada a figura da *página 35* que explicava a origem dos nomes dados às notas musicais.

Foi dito então que as notas também podem ser representadas como C(DÓ), D(RÉ), E(MI), F(FÁ), G(SOL), A(LÁ) e B(SI). Essa notação é mais comum em países de língua inglesa e alemã, mas também é conhecida e usada por músicos no Brasil. Os alunos que tocavam alguns instrumentos reconheceram essa forma de representação.

Para ilustrar as relações matemáticas e sonoras existentes entre as notas, inicialmente foi falado do monocórdio de Pitágoras.

Notou-se que o texto sobre as observações feitas por Pitágoras sobre os intervalos musicais e suas relações matemáticas criou uma ruptura no diálogo. Acredito que a forma com que o texto se apresenta tenha criado um distanciamento dos alunos com relação ao que se desejava discutir. A reaproximação dos alunos ocorreu quando, com o auxílio de um teclado, foi possível ouvir a sonoridade dos intervalos e assim analisar as consonâncias e dissonâncias provocadas por eles.

Tomando como referência a nota Dó do teclado, foi tocada juntamente com ela a nota Ré, formando assim o intervalo de segunda, já que a segunda nota contando a partir da nota Dó é a nota Ré. Após tocar as duas notas simultaneamente, perguntou-se aos alunos se tal sonoridade era agradável aos seus ouvidos. A resposta foi unânime: *“Não.”* Como foi visto no texto proposto, o intervalo de segunda é considerado dissonante e isso foi percebido quando ouvimos seu som.

Na sequência foi tocado o intervalo de terça composto pela nota de referência (fundamental) Dó e a sua terça correspondente Mi. Segundo a opinião dos alunos, o som desse intervalo era mais agradável aos ouvidos.

O mesmo foi feito com o intervalo de quarta, composto pelas notas Dó e Fá. A sonoridade desse intervalo também foi considerada pelos alunos como agradável aos ouvidos, comprovando seu caráter consonante.

Outra consonância foi percebida por todos no intervalo de quinta, composto pelas notas Dó e Sol.

Apesar do intervalo de sexta ser considerado uma consonância imperfeita, assim como o intervalo de terça, para os alunos o intervalo de sexta, composto pelas notas Dó e Lá, não soava tão agradável como o de terça.

O intervalo de sétima, composto pelas notas Dó e Si, foi considerado pelos alunos como não agradável, ou seja, dissonante.

O último intervalo foi o de oitava, composto pelas notas Dó e Dó, sendo que o segundo Dó era mais agudo que o primeiro. Esse intervalo também foi considerado agradável pela turma, ou seja, consonante.

Durante essa discussão percebi que seria interessante dar uma breve ideia sobre os acordes, mesmo que esse assunto não havia sido proposto no material.

Expliquei que os acordes podem ser descritos como o som de duas ou mais notas tocadas simultaneamente. Basicamente um acorde pode ser composto por três notas: a primeira, que pode ser chamada de tônica ou fundamental, sua terça e sua quinta corresponde. Por exemplo: o acorde de *Dó maior* é composto pela fundamental *Dó*, pela sua terça *Mi* e pela sua quinta *Sol*.

Um aluno perguntou então:

“E os acordes menores?”

Como eu havia dito, não era a intenção entrar em detalhes sobre a teoria musical, já que sendo um material voltado para professores de Física, supõe-se que a maioria dos professores tenha pouco ou nenhum conhecimento sobre teoria musical, mas achei interessante responder a pergunta feita.

Tomando um teclado de piano, por exemplo, pudemos visualizar as notas musicais Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá e Si nas teclas brancas, mas além delas existem as teclas pretas que correspondem aos sustenidos (#) ou bemóis (b), também chamadas de notas acidentais.

Foi dito que a denominação sustenido ou bemol depende do sentido de execução de uma sequência de notas. Por exemplo, tocando no sentido ascendente, ou seja, da esquerda para a direita teremos: Dó, Dó#, Ré, Ré# e Mi. Se tocarmos as mesmas notas no sentido descendente, ou seja, da direita para a esquerda, devemos usar uma nomenclatura diferente para as mesmas notas, ou seja: Mi, Mib, Ré, Réb e Dó. Nota-se que as notas Dó# e Réb

correspondem à mesma nota, porém devido ao sentido adotado elas recebem denominações diferentes. O mesmo ocorre para o Ré# e Mi $\flat$. No sentido ascendente usamos o sustenido (#) e no sentido descendente usamos o bemol ($\flat$).

Foi ressaltado que entre as notas Mi e Fá e também entre as notas Si e Dó não há teclas pretas, portanto não teremos o Mi# ou Fá $\flat$ e nem o Si# ou Dó $\flat$. O intervalo entre duas notas consecutivas, por exemplo, Dó e Dó# corresponde a um intervalo de meio tom, neste caso, fala-se meio tom acima, assim como o intervalo entre o Mi e o Mi $\flat$ corresponderá a um intervalo de meio tom abaixo.

O acorde menor terá basicamente a mesma composição do acorde maior, porém a terça deve ser menor, ou seja, ela deverá ser diminuída em meio tom. Usando como exemplo o acorde de *Dó menor* teremos a fundamental *Dó*, a terça menor, ou seja, a terça diminuída de meio tom, no caso Mi $\flat$, e a quinta *Sol*.

Como exemplos foram mostrados alguns acordes maiores e seus correspondentes acordes menores para que os alunos ouvissem suas diferenças sonoras. Em tom de descontração mostrei a eles que os acordes menores carregavam em si uma carga de “tristeza” ou “melancolia”, diferenciando-os dos acordes maiores que soavam mais “alegres”.

Sabe-se que existe uma grande variedade de acordes além dos maiores e menores, porém não sendo o objetivo do trabalho o aprofundamento nas teorias musicais, esses diferentes acordes não foram demonstrados.

Como continuação foi dito que, pegando uma sequência ascendente ou descendente de notas sucessivas, sendo que a última nota corresponde à primeira nota (fundamental), porém uma oitava acima ou uma oitava abaixo, tem-se uma escala musical. A definição de quais notas devem compor uma determinada escala pode variar, promovendo assim, diferentes escalas musicais. Diferentes culturas do mundo desenvolveram diferentes tipos de escalas, cada qual com suas sonoridades características.

Como exemplo, foram reproduzidos alguns trechos de músicas características de culturas diferentes. Essa atividade teve como objetivo apresentar sonoridades diferentes e mostrar as diferentes escalas utilizadas³⁰.

Na atividade seguinte foi perguntado se os alunos já conheciam a música *Samba de uma Nota Só* de Tom Jobim e Newton Mendonça, mas apenas um aluno disse que conhecia. Foi perguntado aos alunos se seria possível compor uma música utilizando apenas uma nota. Alguns responderam que sim outros que não. Tocando no teclado apenas uma nota em um determinado ritmo eu disse a eles que, em minha opinião, seria possível, mesmo que talvez não ficasse tão agradável de ouvi-la.

Ao reproduzir a música para que os alunos acompanhassem, foi notado que muitos deles gostaram e ao final estavam batucando na mesa e até cantando timidamente.

Uma das intenções dessa atividade, além de discutir notas e escalas, era também apresentar músicas e sonoridades não comuns ao universo dos alunos, estimulando a diversidade de experiências sonoras e musicais.

Módulo 10: A cor do som

Esse módulo iniciou com a pergunta:

“Você já ouviu uma mesma música sendo tocada por instrumentos diferentes?”

Os alunos brincaram dizendo que já tinham me ouvido tocar a música *Asa Branca* em vários instrumentos. Isso ocorreu, pois em aulas passadas, ao demonstrar o funcionamento de alguns instrumentos musicais (pífano, flauta doce, gaita e teclado) eu havia tocado as poucas músicas que sabia, no caso a mais marcante foi *Asa Branca*.

Como exemplo, toquei novamente *Asa Branca* utilizando o teclado e assim pude modificar o tipo de som enquanto tocava. Comecei tocando com som de piano, depois mudei para o som flauta, depois para o som de acordeom e depois para o som de violino.

³⁰ Localização dos arquivos no CD: E:\Módulo 9\Músicas - Escalas

“Se as notas são as mesmas, por que ouvimos o som diferente? O que muda em cada som?”

Um aluno disse:

“O timbre.”

O que é o timbre? Perguntei.

Resposta:

“A característica do som.”

“Correto, mas o que define essa característica?”

Silêncio. Então perguntei:

“Por que o som de um piano é diferente do som de um violão mesmo quando tocamos a mesma nota?”

Um aluno disse:

“O material.”

Tomando o violão e tocando uma nota eu perguntei:

“Se eu trocasse essas cordas de nylon por cordas de aço haveria mudança no som desse violão?”

Todos concordaram que sim.

Disse então que o mesmo aconteceria se eu mudasse o tipo de madeira que o constitui, ou então mudasse seu tamanho. A mesma nota tocada inicialmente soaria diferente se mudássemos as características do violão, ou seja, a frequência da nota seria a mesma, mas o som seria diferente. Isso ocorre pois os sons ou notas que ouvimos não podem ser representados por ondas puras.

Expliquei que as ondas chamadas puras também são conhecidas como ondas senoidais, ou seja, podem ser representadas graficamente pela função matemática seno. Através do software utilizado nos módulos anteriores³¹ foi possível representar ondas com essas características.

³¹ Sound Forge 9

Foi explicado que é muito difícil encontrarmos na natureza um som que possa ser representado por uma pura (senoidal). Esse tipo de onda normalmente é obtido eletronicamente por sintetizadores eletrônicos. Dependendo das características da fonte sonora, o som emitido corresponderá a um conjunto de ondas com diferentes frequências e amplitudes que somadas dão uma identidade particular a cada som.

Foi dito que a figura anterior representava graficamente a onda sonora emitida por uma nota tocada no piano sendo possível notar que há variações em seu formato que a diferem de uma onda pura (senoidal). Essa identidade, ou característica, que depende da forma com que o som é produzido é denominada timbre, que é figurativamente chamado de “cor do som”.

Complementei dizendo que ao produzirmos um som em um instrumento musical, por exemplo, o som que ouvimos é composto por uma superposição de ondas *harmônicas* cujas frequências são múltiplos inteiros de uma frequência fundamental. Essas ondas harmônicas produzidas são conhecidas como *harmônicos do som*. Como cada harmônico apresenta amplitudes diferentes e a contribuição de cada um para a composição final do som é distinta, variando de instrumento para instrumento.

É possível associar a cada som uma altura única (nota), correspondente à frequência do harmônico fundamental, mesmo que o timbre devido às

diferentes contribuições dos harmônicos seja diferente. O harmônico fundamental, ou a nota fundamental, corresponde à onda sonora de menor frequência e de maior intensidade, sendo responsável pela percepção do volume e altura (nota) do som, já os harmônicos são responsáveis pelo timbre do som. A somatória desses harmônicos à frequência fundamental produzirá um som com características bem particulares, então podemos dizer que todos os sons são formados por um conjunto de ondas puras com diferentes frequências e amplitudes que somadas determinam sua particularidade. Como exemplo foram apresentados alguns sons de diferentes instrumentos emitindo a mesma nota musical, possibilitando que os alunos ouvissem os diferentes timbres³².

Diferente dos sons musicais descritos anteriormente foi dito que, se um som produzido por uma fonte qualquer for composto por uma superposição de ondas cujas frequências não são múltiplos inteiros de uma frequência fundamental, dizemos que se trata de um som não-harmônico, ou inarmônico, assim não teremos uma altura (nota) definida, sendo nesse caso esse som classificado como ruído. Mesmo que esses ruídos não sejam considerados sons harmônicos, vimos anteriormente que eles podem ser usados em composições musicais, dependendo das intenções do compositor.

Foi mostrado um exemplo muito comum de ruído que é o ruído branco, caracterizado por conter todas as frequências, podendo ser comparado à luz branca que contém todas as cores. O som produzido por um aparelho de TV ligado em um canal fora de sintonia pode ser considerado um ruído branco³³. A figura a seguir representa graficamente o ruído branco³³.

³² Localização dos arquivos no CD: E:\Módulo 10\Timbre

³³ Localização do arquivo no CD: E:\Módulo 10\Ruido branco

Além do ruído apresentado podemos enumerar diversos ruídos que estão presentes em nosso cotidiano. Foi pedido que os alunos citassem alguns. Os exemplos foram:

Ar condicionado

Caminhões

Barulho de construção

Aviões

Carros

Vozes misturadas

Motos

Animais

Como complemento a essa discussão analisou-se a tabela apresentada na *página 39*, que estabelece os limites de exposição a sons ou ruído contínuo de acordo com uma norma regulamentadora (NR-15), da Portaria MTb n.º 3.214/1978.

Foi ressaltado que essa tabela é válida para qualquer tipo de som, não se limitando apenas aos ruídos. Durante essa apresentação também foi salientado que em muitas situações do nosso cotidiano, ficamos expostos a sons ou ruídos por mais tempo que o máximo estipulado pela tabela. Em um concerto de Rock, por exemplo, a intensidade sonora pode chegar a 100 dB ou mais, dependendo da sua localização em relação ao palco. De acordo com a tabela, o tempo máximo de exposição a sons com essa intensidade é de 1 hora, mas sabemos que um concerto desse tipo normalmente pode durar mais que 1 hora, ou seja, nesse caso estaremos provocando danos aos nossos ouvidos. Como foi visto anteriormente, a utilização dos fones de ouvido com sons de alta intensidade pode causar danos ao ouvido, devidos ao tempo prolongado de uso.

Acredito que a discussão final sobre os limites de exposição a sons com diferentes intensidades poderia ter ocorrido simultaneamente com a discussão sobre o conceito de intensidade sonora.

Na sequência foi proposto que os alunos respondessem os exercícios propostos na *página 40*. Devido a uma preocupação com o tempo de duração das aulas, ambos os exercícios propostos foram feitos coletivamente, sendo que no primeiro exercício a análise foi a seguinte:

Afirmção (I) – Se os dois instrumentos emitem a mesma nota musical, a característica que os diferencia será o timbre, já que a frequência fundamental do som emitido é a mesma.

Afirmção (II) – Se os instrumentos são iguais, conclui-se que terão o mesmo timbre. Como estão emitindo a mesma nota, a frequência fundamental dos sons emitidos também serão iguais, portanto o que diferenciará os sons emitidos será a intensidade de cada som, ou seja, a amplitude da onda sonora de cada um dos sons será diferente.

Afirmção (III) – Se o instrumento é o mesmo, o timbre dos dois sons será o mesmo, porém como são duas notas diferentes, haverá diferença na frequência do som emitido por cada instrumento.

Após a análise das afirmações, conclui-se que a alternativa que corresponde às características que diferenciam os sons em cada caso será a *alternativa c*).

No segundo exercício concluímos que, se instrumentos diferentes emitem a mesma nota, teremos sons com frequências fundamentais iguais, porém as outras frequências que compõem o som (harmônicos) serão diferentes para cada instrumento, caracterizando o timbre de cada um deles. Nesse caso, conclui-se que a afirmação correta encontra-se na *alternativa a*).

Módulo 11: O Som e suas Músicas

Começando a discussão, foi retomado que o som nasce da vibração de um meio material e se propaga na forma de ondas mecânicas, longitudinais e tridimensionais através do ar sofrendo modificações em algumas de suas características devido a sua interação com o ar e com outros obstáculos que encontra pelo caminho até chegar aos nossos ouvidos. Em nossos ouvidos esse som passa por outras transformações até ser sentido e interpretado pelo nosso cérebro promovendo em nós diferentes sensações e emoções. A sensação agradável que sentimos ao ouvir uma melodia não está contida nas moléculas de ar que transmitiram as vibrações, mas sim no nosso cérebro que transforma essas vibrações padronizadas em algo significativo.

Salientei que o treinamento do cérebro para uma escuta mais apurada possibilita ouvir melodias simultâneas, ritmos simultâneos e até mesmo harmonias simultâneas. Assim, podemos dizer que uma pessoa não tem um bom ouvido para a música, mas sim uma boa mente para a música.

Sendo a música capaz de promover nos indivíduos alegria, tristeza, euforia, paz, entre muitos outros sentimentos que algumas vezes não são possíveis de serem classificados, fiz a pergunta:

“Você já se emocionou ao ouvir uma música?”

A resposta afirmativa foi unânime. Todos afirmaram já ter se emocionado ao ouvir uma música.

Quando pensamos nos sentimentos ou emoções que uma música pode provocar em nós, é interessante refletir sobre a origem dessa música. Como ela foi composta? Quais eram as intenções do compositor?

Perguntei:

“Por que alguém compõe uma música?”

Resposta:

“Para expressar seus sentimentos.”

Então perguntei:

“Existem outras motivações para a composição de uma música? Dê alguns exemplos.”

Resposta:

“Criação de um Jingle.”

Eu complementei:

“A composição de um jingle tem uma finalidade comercial, ou seja, a intenção do compositor é criar uma música que faça referências a um produto ou marca, por exemplo. Alguém tem outro exemplo?”

“Para ficar famoso e ganhar dinheiro.” Disse uma aluna.

Outro aluno respondeu: *“Para conquistar alguém.”*

A discussão se seguiu com a pergunta:

“Como se compõe uma música? Além da motivação, sentimental ou comercial, quais outros elementos são necessários para a composição de uma música?”

“Letra.”

Eu coloquei:

“No caso de uma música instrumental, não há letra.”

Os alunos seguiram:

“Melodia.”

“Ritmo.”

“Harmonia.”

Perguntei:

“O que significa cada um desses elementos? O que seria o Ritmo?”

Uma aluna começou a bater na mesa e disse que era a batida.

Outro aluno disse:

“Compasso.”

Outro disse:

“A marcação.”

Eu perguntei:

“A marcação do que? Como podemos medir o ritmo?”

“Tempo.” Disse um aluno.

Complementado o raciocínio eu disse que o ritmo está diretamente ligado ao tempo. Os sons ou notas que compõem a música são distribuídos ao longo do tempo, de acordo com a intenção do compositor.

Um aluno perguntou:

“Não têm um equipamento que fica marcando o tempo?”

Outro aluno respondeu:

“É o metrônomo.”

Eu disse então que o metrônomo é um equipamento que marca o tempo de maneira regular, como um relógio. Quando o músico não tem um metrônomo, muitas vezes ele marca o tempo, ou seja, o ritmo da música batendo o pé no chão. Todos concordaram.

A apresentação de exemplos musicais que demonstram diferentes ritmos pode ser interessante para o enriquecimento da discussão³⁴.

“E a melodia?” Perguntei.

Uma aluna respondeu:

“É o som produzido.”

Eu disse:

³⁴ Localização dos arquivos no CD: E:\Módulo 11\Ritmos

“É só o som produzido? Mas no ritmo também deve haver um som. O há de diferente na melodia?”

Uma aluna disse:

“A harmonia é o conjunto de instrumentos e a melodia seria só um instrumento.”

Outro aluno:

“São as notas combinadas.”

Outro aluno:

“Harmonia é o conjunto de toda obra e a melodia é o sentimento que as notas passam.”

Eu concordei em parte com o aluno, apenas ressaltando que tanto a harmonia, a melodia e também o ritmo passam sentimentos, não sendo apenas um papel exclusivo da melodia.

Outra aluna:

“A melodia são as notas e a harmonia é o conjunto de tudo juntamente com o ritmo.”

Concordando com o que a maioria disse, complementei que a melodia está relacionada a um conjunto de notas pertencentes a uma escala musical definida e dentro de um ritmo também definido, formando o que denominamos linha melódica, dizendo que um exemplo simples de melodia em uma música pode ser a parte cantada. Apresentando a música “Bachianas Brasileiras nº5” de Heitor Villa Lobos, notou-se a presença marcante de uma melodia³⁵.

Foi dito que a harmonia pode estar relacionada à sequência de acordes que acompanham a melodia. Tomando como exemplo uma música que pode ser interpretada apenas por voz e violão, podemos dizer que a voz fará o papel da melodia e o violão fará a base para que a melodia seja cantada, ou seja, o violão será responsável pela harmonia. Como exemplo de harmonia foi usado uma música de Bach³⁶, onde foi possível perceber a harmonia “por trás” da melodia.

Quanto maior o número de exemplos musicais relacionados aos temas discutidos (ritmo, melodia e harmonia), mais interessante será a discussão,

³⁵ Localização do arquivo no CD: E:\Módulo 11\Melodia

³⁶ Localização dos arquivos no CD: E:\Módulo 11\Harmonia

além de possibilitar que os alunos tenham contato com diferentes tipos de música, o que pode contribuir para o seu desenvolvimento crítico e musical.

Como início para a discussão sobre digitalização do som, foi colocado que nos dias de hoje a música que ouvimos é reproduzida, na grande maioria dos casos, por equipamentos eletrônicos como computador, smartphones, mp3 players, rádios, etc. Então perguntei:

“Como a música é “colocada” dentro desses equipamentos? O que você imagina que deve ter acontecido ao som de uma música, desde quando ele foi produzido até que você possa ouvi-lo no rádio ou no seu mp3 player, por exemplo?”

Aluna:

“Pela internet.”

Eu disse:

“Correto, porém até chegar à internet ela passou por um longo caminho.”

Aluno:

“O músico toca, grava em um estúdio, faz a filtração dos sons, salva em um formato e depois disponibiliza na internet.”

Outro aluno:

“Ele precisa primeiro de um equipamento que receba essa transmissão do som e depois armazenar esse som.”

“Correto.”

Eu complementei dizendo que o som produzido por uma fonte sonora, por exemplo, um instrumento musical, é caracterizado por uma série de pequenas variações de pressão provocadas no meio onde se propaga. Essas pequenas variações de pressão se propagam pelo meio, no caso o ar, na forma de ondas contínuas no tempo e no espaço. Portanto quando ouvimos o som produzido por um instrumento musical, recebemos essa informação na forma de ondas sonoras e chamamos este som de analógico. Para que esta onda sonora contínua seja representada na forma digital, devemos converter seu comportamento analógico em uma série de valores discretos, ou seja, na forma números ou dígitos (daí o nome DIGITAL). Esses valores são amostras (samples) instantâneas captadas do som analógico.

Continuei dizendo que para que o som produzido por um músico possa chegar até o nossos aparelhos eletrônicos (smartphones, MP3 players, etc),

inicialmente é necessário que algum som seja produzido, ou seja, alguém precisa tocar a música (instrumentos musicais). Como o aluno disse, é necessário um equipamento que receba (receptor) esse som, como por exemplo, um microfone. O microfone transforma as ondas sonoras (mecânicas) provenientes da fonte sonora (instrumentos ou vozes) em sinais elétricos. Esses sinais elétricos são enviados para um equipamento presente na placa de som do computador (conversor analógico-digital CAD) que tem como função converter sinais elétricos em arquivos digitais (dígitos). Para que possamos ouvir novamente esse som com suas características analógicas em um fone de ouvido, por exemplo, é necessário que ele passe por outro conversor (conversor digital-analógico CDA) que converte os arquivos digitais em som analógico.

Foi salientado que um som analógico quando convertido para digital sofre perdas em suas características iniciais, pois um som digital não consegue representar plenamente um som analógico. Quanto maior o número de amostras tomadas por intervalo de tempo (taxa de amostragem), mais próximo ele será do som original (analógico).

Foi dito então que os arquivos de áudio digital podem ser armazenados em diferentes tipos de arquivos (extensões) como WAV, WMA, MP3, OGG e outras. Cada tipo de arquivo tem características próprias e necessita de um software específico para executá-lo ou modificá-lo.

O WAV é o formato padrão para arquivos de áudio em computadores que utilizam a plataforma Windows. Neste formato, um minuto de música corresponde, em média, a um arquivo com tamanho de 10 MB (megabytes) para uma gravação de 16 bits, estéreo com 44.100 Hz, o que é considerado um tamanho de grande para um arquivo, principalmente se a intenção é distribuí-lo via Internet.

No caso do MP3, um minuto de música corresponde, em média, a um arquivo de 1 MB, sem que haja grandes mudanças na qualidade final do som, quando comparado com o arquivo WAV. Essa diminuição no tamanho do arquivo é feita eliminando frequências presentes no arquivo original (na maioria dos casos WAV) que o ouvido humano não consegue perceber, assim o arquivo diminui de tamanho, mas a qualidade do som ouvida não sofre grandes variações, embora uma pessoa com uma audição mais apurada seja capaz de

notar essas variações, levando em conta, evidentemente, a qualidade do equipamento de reprodução do som (alto-falantes).

Continuando a discussão coloquei que a diminuição dos tamanhos dos arquivos de música com a manutenção da qualidade sonora fez com que o MP3 se popularizasse no mundo todo, causando uma grande revolução no mercado do entretenimento, deixando as grandes gravadoras muito preocupadas com o futuro da música e suas formas de distribuição. Por outro lado, a popularização do MP3 possibilitou uma facilidade de acesso por parte dos ouvintes a uma variedade de músicas jamais imaginada há alguns anos atrás, o que é muito interessante também para artistas independentes divulgarem seu trabalho sem necessidade de depender das grandes gravadoras para fazer essa distribuição, porém essa discussão ainda deve gerar muitas polêmicas durante os próximos anos.

Perguntei então:

“Você tem costume de “baixar” músicas na internet? Como você faz isso? Você paga por esse serviço?”

Todos os alunos afirmaram que “baixam” músicas da internet sem pagar pelo serviço.

“Vocês ainda compram CDs?”

A maioria disse que não compra mais. Uma aluna falou que quando ela gosta muito do artista ela compra, mas já fazia mais de um ano que ela não comprava nenhum CD.

Outra aluna falou que ainda compra.

Outro aluno falou que ganhou um no ano que passou, mas não compra CD há muito tempo. Na casa dele ainda têm alguns CDs antigos dos pais.

Perguntei então:

“Você acha que os artistas deveriam disponibilizar suas músicas na internet ou você acha que eles deveriam continuar produzindo CDs para serem vendidos?”

Nessa discussão os alunos se posicionaram a favor da disponibilização das músicas na internet.

Um aluno falou que o artista tem mais liberdade de composição e divulgação, não dependendo de intermediários para sua música chegue ao público.

Uma aluna colocou que alguns artistas vendem separadamente as músicas de um álbum através de seus sites. É uma forma interessante, pois muitas vezes gostamos de apenas algumas músicas de um álbum e nesse caso, podemos escolher qual vamos comprar.

Como atividade final, foi proposto que juntássemos todo o grupo para “fazer um som”, como já havia sido antecipado no início do curso.

A opção por essa atividade teve como objetivo criar mais um momento de descontração e retomar alguns conceitos que foram discutidos ao longo dos encontros.

Para iniciar, foi proposto que tocássemos a música “Como uma onda” que foi apresentada no início do curso e era de conhecimento de todos. Como dois alunos tocavam violão e uma aluna teclado, foi combinado que eles seriam responsáveis pela harmonia da música. Os demais alunos seriam responsáveis por marcar o ritmo com instrumentos de percussão variados e todos nós cantando a letra juntos, faríamos a melodia.

Cada aluno foi livre para escolher dentre os instrumentos disponíveis, o instrumento de percussão que lhe agradasse mais.

Após todos se familiarizarem com os instrumentos escolhidos, sentamos no chão em círculo e iniciamos com a marcação do ritmo.

Ouvindo previamente a música original, foi possível determinar uma cadência adequada para o desenvolvimento da música.

Um dos alunos ficou responsável por fazer a marcação principal com um tambor que tinha o som mais grave que os demais instrumentos, portanto ele seria nosso “guia”. Para que tivéssemos uma referência de tempo mais precisa, sugeri que usássemos um metrônomo, porém com o tempo chegamos à conclusão que alguns alunos se atrapalhavam então resolvemos tocar sem nenhuma marcação eletrônica de tempo.

Como os alunos que tocavam os instrumentos de percussão não tinham grandes conhecimentos de música sugeri que eles se encarregassem de tocar seus instrumentos como achavam melhor, desde que permanecessem no ritmo.

Os alunos responsáveis pela harmonia tiveram facilidade e em pouco tempo estavam familiarizados com os acordes que compõem a música.

Por algum tempo, apenas os instrumentos de percussão foram tocados e assim acostumamos como o ritmo da música. Na sequência, os instrumentos entraram com a harmonia da introdução que foi repetida por algum tempo.

Minha intenção com essa atividade era colocá-los em contato com as sonoridades reais dos instrumentos, já que a maioria deles estava acostumada com músicas tocadas pelos próprios artistas. Assim eles poderiam sentir a música “saindo deles”, ou seja, eles passavam de ouvintes para executores, sentindo-se, portanto, responsáveis pelas sonoridades, além de agirem coletivamente, dando opiniões no desenvolvimento da atividade.

Como não sou músico profissional, minha função foi apenas definir as responsabilidades de cada um, mas acima de tudo, incentivá-los a participar efetivamente do processo. Em alguns momentos dava algumas sugestões como: vamos tocar apenas os instrumentos de percussão e sentir se a cadencia está adequada; vamos tocar somente os instrumentos harmônicos e cantar para acostumarmos com a harmonia e a melodia da música; podemos aumentar ou abaixar o volume deste instrumento; veja se seria melhor tocar o tambor com a baqueta ou com a mão, por exemplo.

Depois de começar e parar algumas vezes durante a execução para as sugestões, tanto minhas como dos alunos, foi possível tocarmos a música completa. Na terceira vez que tocamos a música até o final, foi notável a melhora na interpretação provocando até as palmas do grupo ao sentirem que conseguiram chegar a um resultado satisfatório.

A satisfação dos alunos ao final demonstrou que a atividade foi significativa. Essa satisfação não significa que os alunos aprenderam como tocar uma música, já que não sou professor de música, mas evidencia que todos os indivíduos são musicais, mesmo não tendo grandes habilidades com os instrumentos (alguns nunca haviam tocado nenhum). Durante a atividade eles puderam sentir a música e mesmo que timidamente cantar em conjunto, mostrando que a música é um conhecimento que pode ser desenvolvido em cada um independente das suas intenções.

Ao final do curso foi proposto que os alunos respondessem algumas questões relativas aos assuntos que foram discutidos. As perguntas e as respostas encontram-se no ANEXO 2.

6.3 Comentários sobre a Aplicação

Na busca por uma aproximação de uma Física que muitas vezes se encontra distanciada dos interesses primordiais dos alunos e, por consequência, da sociedade em geral, encontrou-se na Música uma possibilidade de aproximação entre os conceitos físicos presentes no ensino da Acústica e a realidade cotidiana dos alunos que é permeada por um universo musical.

*Tudo no universo da música impressiona o sujeito, e já desde sua vida intrauterina. Da **percepção** interna dos sons de seu mundo fetal à **percepção** do ambiente rítmico-sonoro que o circunda pela vida afora (palavras, ruídos, ultra e infrassons, pulsos, melodias, timbres), o estímulo sonoro e musical carrega sempre o **poder de im-pressionar**, de burlar mecanismos de defesa e favorecer uma maior aproximação do indivíduo consigo mesmo, o que se traduz em respostas biológicas e fisiológicas, em reações sensoriais, hormonais, fisiomotoras e psicológicas propriamente ditas. (SEKEFF, 2007)*

Sendo a Música um elemento marcante na história do homem desde os tempos mais remotos até os dias de hoje, sua utilização no ensino da Acústica para o Ensino Médio caracteriza uma possibilidade de relacionar a Física com a realidade próxima dos alunos, buscando quebrar algumas barreiras cognitivas decorrentes da adoção, por grande parte dos professores de Física, de uma metodologia tradicionalista que prioriza a memorização e trata os fenômenos físicos isoladamente do mundo vivencial dos alunos.

Mais do que relacionar conceitos físicos presentes no estudo da Acústica com a Música, ressalta-se a importância de enxergarmos as relações existentes entre Ciência e Arte como produtos da mente humana capazes de promoverem uma revolução no pensamento sobre a educação e a sociedade.

Essa junção de saberes é discutida por MORIN (2002) e foi a base de todo o processo de elaboração e aplicação do material sobre Física do Som,

buscando sempre propiciar uma visão contextualizada dos temas tratados, ou seja, juntar os conhecimentos em vez de isolá-los.

Na escola primária nos ensinam a isolar os objetos (de seu meio ambiente), a separar as disciplinas (em vez de reconhecer suas correlações), a dissociar os problemas, em vez de reunir e integrar. Obrigam-nos a reduzir o complexo ao simples, isto é, a separar o que está ligado; a decompor, e não recompor; e a eliminar tudo que causa desordens ou contradições em nosso entendimento.

Em tais condições, as mentes jovens perdem suas aptidões naturais para contextualizar os saberes e integrá-los em seus conjuntos. (MORIN, 2002)

Para que esses saberes possam ser integrados de maneira significativa é necessário que se pense na relação entre professor e aluno. Nesse sentido, de acordo com a visão de Paulo Freire, buscou-se priorizar o diálogo entre professor e aluno (MAGALHÃES, 2011) durante a produção e aplicação do material, procurando tornar o processo de ensino-aprendizado mais prazeroso.

Para o saudoso educador Paulo Freire nenhum professor passa incólume pela relação pedagógica, ele transforma e é transformado e mais, Freire recomenda que o professor deve primeiramente amar o que faz, deve dialogar com seus alunos para que se crie um vínculo forte de confiança. As relações afetivas que o aluno estabelece com os colegas e professores estabelecem um grande valor na educação, e formam a base de todas as atitudes e relações das pessoas diante da vida. A máxima de Freire: “não há educação sem amor.” (MAGALHÃES, 2011)

A importância do diálogo na construção do conhecimento norteou a elaboração do material. Além disso, procurou-se dar ênfase à associação dos conteúdos trabalhados exemplos encontrados no cotidiano dos alunos.

Assim como preconiza a estrutura metodológica proposta pelo GREF, durante a aplicação do material buscou-se trazer sempre para as discussões elementos da vida dos alunos trazidos por eles, fazendo assim com que a construção do conhecimento começasse a partir de suas experiências, de modo a criar um vínculo significativo entre os saberes ditos “populares” com os saberes ditos “científicos”.

Durante o desenvolvimento do curso notou-se que esse diálogo promovia novos questionamentos acerca dos assuntos tratados, ampliando a participação dos alunos com o passar do tempo.

O interesse pela música inerente aos jovens aliado à metodologia prioritariamente dialógica, promoveu um vínculo de afetividade entre professor e alunos, assim como também despertou maior interesse por parte dos alunos sobre o que foi discutido durante os encontros. Tal interesse pode ser notado nos comentários pessoais dos alunos sobre o curso, como por exemplo:

“O curso foi muito interessante pois aprendemos algo mais “profundo” sobre um assunto no qual está presente no nosso dia-a-dia e algo que adoramos.”

“O curso foi uma experiência diferente e divertida e aprendi várias coisas que não sabia.”

“Achei o curso muito produtivo, educativo e divertido. A formação da apostila é diferente, o que nos dá curiosidade para ficar até o final.”

Nesse sentido, o material se mostrou interessante como uma proposta de apresentação dos conteúdos de Acústica utilizando a música como elemento fundamental no processo, visto que a música participa constantemente do cotidiano dos alunos e, portanto, estimula a participação efetiva dos mesmos na construção dos saberes relativos aos temas propostos.

Assim como propõe o GREF, a construção do conhecimento deve dar-se através das trocas coletivas de informação, sendo os alunos protagonistas nesse processo que tira o professor do papel de transmissor do conhecimento

e o coloca como organizador desses saberes, tornando a relação professor-aluno uma relação predominantemente colaborativa.

Foi isso que se buscou durante toda a realização deste trabalho, portanto sabe-se que muito pode ser melhorado, e nesse sentido, cabem algumas observações a respeito do que foi desenvolvido. Para isso fez-se uma análise sobre alguns pontos importantes observados ao longo da aplicação do material.

O material GREF propõe que se iniciem as discussões com um levantamento das “coisas” encontradas no cotidiano dos alunos e que estão relacionadas com o assunto abordado, porém o material sobre Física do Som produzido propõe esse levantamento somente no final do *Módulo 1*.

Sentindo essa necessidade, esse levantamento foi proposto no início da discussão, mostrando sua fundamental importância para o andamento das discussões posteriores.

Assim, acredita-se que o material deva ser modificado para que esse levantamento de “coisas” ou “sons” figure no início do *Módulo 1*.

A discussão sobre instrumentos musicais foi muito proveitosa, pois aproximou o diálogo sobre um tema muito apreciado pelos jovens e desse modo, permitiu de início o contato físico dos alunos com os instrumentos, proporcionando momentos de interação e descontração.

O *Módulo 2* mostrou-se ser de fundamental importância pelo fato de trabalhar com um assunto muito atrativo entre os jovens: suas preferências musicais.

Trazer para o contexto de sala de aula as preferências musicais de cada aluno foi muito salutar para o desenvolvimento de todo trabalho, já que desse modo, os alunos puderem expressar seu gosto musical e trocar experiências musicais com a turma.

A grande variedade de gêneros musicais trazida pelos alunos enriqueceu significativamente a discussão sobre preferências e gêneros musicais, demonstrando que a música é universal em sua capacidade de promover diferentes emoções, independente das preferências por gêneros.

Acredita-se que poderia haver mais exemplos musicais, trazidos por mim, relativos aos diferentes gêneros musicais. Mesmo sabendo que os jovens, normalmente, têm acesso às mais variadas fontes musicais, a

apresentação de gêneros musicais que não figuraram na lista de preferência dos alunos deveriam ser apresentados como complemento à discussão, promovendo assim a ampliação do “repertório musical” do grupo de alunos, além de possibilitar diferentes experiências, procurando assim desenvolver uma consciência sobre a importância das diferenças, tentando desse modo, diminuir as lacunas culturais provocadas pelo preconceito.

As atividades propostas na *página 8* foram pouco exploradas durante a apresentação devido a uma preocupação com o tempo de duração do curso. Por ser a primeira experiência de aplicação do material a divisão do tempo disponível para cada módulo não foi bem definida, assim, essas atividades foram realizadas nos últimos minutos do primeiro dia de encontro e, portanto, disponibilizou-se pouco tempo para sua execução e discussão.

Mesmo procurando trazer os elementos cotidianos da vida dos alunos nos exemplos, o *Módulo 3* caracterizou-se por ser mais técnico que lúdico devido à necessidade das definições formais sobre a natureza das ondas. Mesmo apresentando muitos conceitos formais relativos às características das ondas, notou-se uma participação significativa dos alunos.

Após análise, acredita-se que para as demonstrações sobre as características das ondas a utilização de recursos computacionais poderia ter sido mais intensificada.

A discussão principal do *Módulo 4* se deu acerca da relação existente entre a frequência de uma onda com seu comprimento e sua velocidade de propagação, representada pela Equação da Onda.

A experiência com o gás hélio se mostrou muito divertida, mesmo que tenha sido apresentada na forma de vídeo. Ficou claro que os alunos gostariam de ter realizado a experiência em sala, porém não foi possível.

Outro momento de muita descontração ocorreu durante a confecção do telefone de copo de plástico. Nessa atividade os alunos puderam “experimentar” a propagação do som através de um meio diferente do ar que eles estavam acostumados.

Acredita-se que essa atividade deva ser incorporada ao material, pois se mostrou muito interessante em termos conceituais, além de promover uma interação muito descontraída entre o grupo de alunos.

Alguns fenômenos ondulatórios e sonoros importantes como a reflexão, difração e interferência foram tratados no *Módulo 5*, sendo a participação dos alunos nas discussões foi muito satisfatória.

Devido à dificuldade de se realizar experimentos práticos sobre os fenômenos discutidos, a utilização de recursos computacionais que reproduzam esses fenômenos pode ser uma solução interessante. Neste caso, foi utilizado um software de produção musical³⁷ que possibilitou a apresentação de exemplos sonoros de eco, reverberação e outros efeitos sonoros produzidos eletronicamente como Chorus, Flanger e Phaser citados pelos alunos.

Acredita-se que o fenômeno da difração foi pouco aprofundado tanto no material como no desenvolvimento das explicações, portanto deve ser estudada a possibilidade da inserção de mais atividades práticas e exemplos relativos a esse fenômeno.

Outros fenômenos ondulatórios e sonoros como ondas estacionárias, batimento e Efeito Doppler foram apresentados e discutidos no *Módulo 6*.

A demonstração do batimento foi possível tanto virtualmente (utilizando um site que reproduz o fenômeno) como fisicamente utilizando uma guitarra ligada a um amplificador. Neste caso, foi demonstrada a utilização desse fenômeno na afinação de instrumentos musicais.

A ressonância pôde ser apresentada através de vídeos que ilustraram o fenômeno, porém foi também demonstrada com atividades práticas propostas como a atividade do balde, da “vuvuzela” e também com o celular vibrando sobre uma mesa. Utilizando um violão e uma guitarra não conectada a um amplificador, foi possível demonstrar a importância da caixa de ressonância em instrumentos musicais.

Para a demonstração do Efeito Doppler foi apresentado um vídeo, valendo lembrar que a experiência proposta chamada “pêndulo sonoro” não apresentou um resultado satisfatório, sendo interessante rever novas maneiras de apresentação prática desse fenômeno.

Mesmo notando a presença de discussões interessantes acerca do tema proposto, acredita-se que o *Módulo 7* caracterizou-se como pouco interativo devido ao seu caráter excessivamente textual.

³⁷ REASON 4

O excesso de informações técnicas sobre o funcionamento do aparelho auditivo durante a apresentação pareceu fugir das características inicialmente propostas.

Vale ressaltar que as discussões sobre a saúde do aparelho auditivo foram proveitosas, principalmente porque todos os alunos afirmaram que fazem uso de fones de ouvido constantemente, valendo neste caso como um alerta para esse comportamento inerente aos jovens e que pode trazer consequências negativas no futuro próximo.

Fica como sugestão inserir no material a atividade em que os alunos utilizam uma corneta (vuvuzela) como um prolongamento do ouvido, ficando evidente a amplificação dos sons externos devido a esse prolongamento, além de provocar momentos de descontração na turma.

Com base nas características da onda sonora responsáveis pela percepção do som pelos nossos ouvidos, o *Módulo 8* propôs uma discussão detalhada sobre a altura e a intensidade do som.

A utilização de recursos computacionais foi fundamental para uma demonstração tanto visual como sonora dessas características do som.

A aplicação da Lei de Weber-Fechner utilizando-se das propriedades dos logaritmos dispersou a atenção da maioria dos alunos. Vale refletir sobre diferentes maneiras de apresentá-la sem que o momento se torne cansativo e desinteressante.

Outra observação importante refere-se à confusão feita pelos alunos com relação à altura e intensidade. Durante a resolução dos exercícios propostos notou-se certa indecisão sobre os conceitos e as características da onda associadas a eles. Essa confusão apareceu novamente nas respostas das questões propostas no final do curso.

Devido à fundamental importância desses conceitos no estudo da Acústica, vale uma reflexão sobre o modo de apresentação e discussão desses conceitos, visando um aprendizado mais significativo por parte dos alunos.

A utilização de um teclado foi fundamental na apresentação dos conceitos de notas, intervalos e conseqüentemente, escalas musicais, possibilitando a demonstração sonora dos intervalos consonantes e dissonantes no *Módulo 9*. Mesmo não constando no material, foi apresentada uma noção básica sobre a formação dos acordes maiores e menores, já que

um dos alunos levantou uma questão sobre esse tema. Nesse caso, vale a sugestão de inserção desse tema como complemento ao assunto abordado.

Outro ponto importante foi a utilização de exemplos musicais de diferentes culturas para a diferenciação das escalas musicais. Além de exemplificar sonoramente as diferentes escalas, possibilita-se um contato mais aprofundado com diferentes culturas que muitas vezes são desconhecidas para a maioria dos alunos.

A apresentação de vários exemplos sonoros foi fundamental para enriquecer a discussão sobre o timbre presente no *Módulo 10*, já que quanto maior o número de exemplos, mais rica se torna a discussão. Esses exemplos podem ser trazidos através de instrumentos musicais ou através de arquivos musicais previamente pesquisados pelo professor.

Um ponto a ser criticado relaciona-se à tabela apresentada na *página 39* sobre o tempo de exposição a ruídos recomendada. Acredita-se que essa tabela deveria estar contemplada no módulo onde se discute intensidade sonora ou mesmo no módulo onde é discutida a saúde auditiva.

Também é importante ressaltar que a atividade “Diferenciando sons” proposta na *página 40* não foi desenvolvida, pois havia uma preocupação com o tempo. Mesmo assim, acredito que a atividade pode ser interessante como complemento para a discussão sobre timbre e características das fontes sonoras.

A participação dos alunos durante a apresentação do *Módulo 11* foi marcante, visto que todos gostavam muito de música, tornando muito interessantes e motivadoras as discussões sobre como fazer música e por que fazer música.

Ficou claro que as definições de ritmo, melodia e harmonia propostas no material não foram plenamente elucidativas, portanto cabe uma revisão nessas definições para um maior esclarecimento do assunto.

Na discussão sobre ritmo, harmonia e melodia, acredito que poderiam ter sido apresentados mais exemplos musicais que possibilitassem os alunos reconhecer esses elementos fundamentais de composição.

A discussão sobre áudio digital (digitalização do som) mostrou-se muito proveitosa. Devido ao contato diário com equipamentos que armazenam e reproduzem sons digitalizados, a participação foi maçante e fundamental.

Como atividade final desse módulo optei por escolher uma música e assim, propor que tocássemos (fizéssemos um som) juntos, aplicando alguns dos conceitos vistos ao longo do curso, além de proporcionar momentos de integração e descontração de todos.

Como tenho alguma habilidade para tocar alguns instrumentos musicais e sabia que alguns alunos também o tinham, não houve dificuldades em propor e participar dessa atividade, mas vale ressaltar que poucos são os professores de Física que sabem tocar algum instrumento musical, nesse caso, sugere-se que se realize a atividade proposta pelo material, que exige menos habilidades musicais e mesmo assim pode ter um resultado interessante.

Fazendo uma análise geral acerca das questões respondidas ao final do curso, foi possível fazer algumas considerações sobre o entendimento dos alunos sobre os temas discutidos.

As respostas da Questão 1, sobre o conceito de som, se mostraram coerentes com o que foi discutido durante o curso, mostrando que a maioria dos alunos entendeu, mesmo que basicamente, tal conceito. Acredita-se que esse conceito possa ser mais bem trabalhado em futuras aplicações, visando a melhora no entendimento, já que tal conceito é a base para todo o trabalho proposto.

As questões 2, 3, 4 e 5 estavam relacionadas às preferências pessoais sobre instrumentos e gêneros musicais, portanto não foi possível fazer uma análise técnica das respostas, porém serviu como uma referência para sabermos com mais detalhes a relação dos jovens com a música.

Na Questão 6 notou-se que a maioria dos alunos teve um bom entendimento sobre os conceitos de grave e agudo, uns associando-os com a frequência da onda, outros de maneira mais informal associando a um som “grosso” e “fino”. Foi possível observar que dois alunos associaram o som grave a uma alta frequência e o som agudo a uma baixa frequência, havendo também um aluno que associou grave e agudo à amplitude da onda e outro a sons fortes e fracos.

Ainda tratando sobre os conceitos de grave e agudo, na Questão 7, foi possível notar que a grande parte dos alunos associou corretamente o tamanho da corda com a característica do som emitido, mostrando bom entendimento sobre esse assunto.

O entendimento sobre a relação entre a espessura da corda e o som emitido por ela, presente na Questão 8, mostrou-se bastante satisfatório de acordo com as respostas fornecidas pelos alunos.

Mesmo acreditando que a Questão 9 poderia ter sido melhor elaborada, foi possível notar pelas respostas dos alunos que houve um bom entendimento sobre absorção e reflexão do som.

A Questão 10 preocupava-se principalmente com o conceito da ressonância em instrumentos musicais. Analisando as respostas, foi possível notar que a maioria dos alunos citou a presença de uma caixa de ressonância no violão, o que o diferencia da guitarra. Neste caso, mostrou-se que houve um entendimento satisfatório do conceito por parte dos alunos.

Sobre a perda de audição abordada na Questão 11, todos responderam de maneira coerente com o que foi discutido durante o curso, mostrando que eles têm consciência dos problemas causados pela exposição do aparelho auditivo a sons de alta intensidade por tempo prolongado.

A intenção da Questão 12 era fazer uma relação entre o tamanho da fonte e a característica (grave ou agudo) do som emitido por ela. Acredito devido à formulação da questão, alguns alunos não entenderam minha intenção, mas mesmo assim as respostas tiveram coerência com o tema discutido durante o curso.

A Questão 13 tinha como objetivo verificar o entendimento sobre o conceito de timbre, porém poucos alunos associaram a diferença do som emitido por dois instrumentos diferentes ao timbre, além de dois alunos não responderem a questão. No entanto, foi possível notar que mesmo não falando de timbre, alguns alunos associaram à diferença dos sons às características dos instrumentos, mostrando um entendimento sobre o tema tratado.

Acredita-se que a ideia de digitalização do som tenha sido parcialmente entendida pelos alunos de acordo com as respostas da Questão 15, porém espera-se que em uma aplicação futura do material, esse tema possa ser tratado com mais detalhes proporcionando assim melhores entendimentos sobre o assunto.

Essa atividade final poderia ter sido mais bem aproveitada se fosse feita uma discussão coletiva a respeito das respostas de cada aluno. Esse momento de retomada dos conceitos vistos não se realizou devido à indisponibilidade de

tempo. Analisando posteriormente as questões elaboradas, acredita-se também na possibilidade de algumas mudanças em relação aos textos formulados, promovendo maior clareza sobre o tema abordado em algumas questões.

Por ser a primeira aplicação do material, os tempos de atividade e discussão não estavam plenamente organizados, por esse motivo, ao final notou-se que essa divisão poderia ter sido administrada com maior critério por mim.

Em termos gerais, acredita-se que o material atingiu seus objetivos satisfatoriamente, ao passo que procurou sempre a construção de significados se utilizando de uma metodologia que busca sempre o diálogo. Mais que isso, utilizou-se da música como elemento fundamental na construção desse conhecimento. Como foi visto, muito ainda pode ser mudado e aprimorado, porém acredita-se que alguns passos foram dados para o início dessa longa caminhada, acreditando sempre que a Física pode e deve fazer parte da vida dos cidadãos não apenas como um conhecimento técnico, mas como um saber inerente ao desenvolvimento cultural de toda a sociedade.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a ciência, som é uma onda mecânica, variação periódica da pressão do ar, mas para os jovens é sinônimo de música, cuja presença no seu cotidiano se reforça pela atual facilidade de acesso a recursos de comunicação, informação, registro e reprodução. Por outro lado, está claro para muitos de nós, educadores, que a ampliação de acesso não tem correspondido aos jovens terem um conhecimento mais significativo de música. Não surpreende que o mesmo ocorra com a Ciência, pois a facilidade em encontrar informações científicas nas mais variadas fontes não tem correspondido a maiores conhecimentos científicos que os jovens em geral possuam.

No trabalho que resultou na presente dissertação, buscou-se explicitamente uma integração entre a Física e a Música, em associação com situações do cotidiano dos alunos, para facilitar a assimilação de conceitos que, na experiência de muitos professores, tem causado pouco interesse quando apresentados sem contexto nas aulas de Física. Essa aproximação do ambiente vivencial dos alunos e de seus interesses com os saberes formais das grades curriculares revelou diferentes possibilidades para a construção do conhecimento.

A intenção do enlace promovido, no entanto, não se restringiu à promoção de conhecimento científico, mas igualmente buscou contribuir para alguma formação cultural e musical, igualmente importante, reforçada com conhecimentos de acústica, mas não situando a música a serviço do aprendizado da Física, nem vice-versa, mas ambas a serviço da formação científico-cultural dos alunos.

Essa integração em termos de conteúdos se mostrou eficaz para o envolvimento dos jovens em um diálogo, no qual sua cultura pessoal foi valorizada, enfatizando sua participação ativa. Para adotar essa perspectiva dialógica foi possível contar com o enfoque do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, o GREF, que originalmente, no entanto, não havia dado ênfase à relação acústica-música.

Ao desenvolver materiais de apoio para um ensino com essa perspectiva e testá-los em algumas aulas, ousou-se reproduzir, com as limitações compreensíveis e orientação do Professor Luis Carlos de Menezes, uma prática que, há algumas décadas, era realizada no coletivo dos elaboradores do GREF, com a supervisão dos então coordenadores acadêmicos, os Professores João Zanetic, Luis Carlos de Menezes e Yassuko Hosoume. Tais limitações, no entanto, aparentemente não impediram a efetivação do propósito.

Assim como propõe o GREF, este trabalho pode e deve ser aprimorado. Espera-se que com a colaboração de estudantes e professores relacionados às áreas de Ciências, novas ideias sejam apresentadas e com isso, inserções técnicas e metodológicas sejam incorporadas, visando sempre trazer as “coisas” do mundo para a Física para que assim tenhamos uma Física para mais gente neste mundo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOUNUR, Oscar João. *Matemática e Música – O pensamento analógico na construção de significados*. Coleção Ensaios Transversais, Editora Escrituras. 4ª Edição. São Paulo – 2006.

ALVARENGA, Luiz Gonzaga. *Breve tratado sobre o som e a música*, 1ª ed., CERNE, Goiás; 2002.

AMBROZIO, Maria Lúcia. *Outra óptica para o ensino de óptica*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Física/Faculdade de Educação - USP - São Paulo, 1990.

BRANDÃO, Carlos Rodrigues; BORGES, Maristela Correa *Pesquisa participante: um momento da educação popular*. Revista Educação Popular, Uberlândia, v. 6, p. 51-62, jan./dez. de 2007.

BRASIL, MEC, *Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Fundamental – 1998*

BRASIL, MEC, *Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio – 2000*

BRASIL. Ministério da saúde. Secretaria de atenção à saúde. Departamento de ações programáticas estratégicas. *Perda auditiva induzida por ruído (pair) – Brasília : Editora do Ministério da Saúde, 2006.*

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. *Ondulatória E Acústica Através De Experimentos Assistidos Por Computador*. IN: Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, Jaboticatubas, MG, 2004.

CAMARGO, Elisabeth Bueno; *O pensamento musical e a prática docente: as demandas da contemporaneidade no ensino da música*. Faculdade de Educação - Universidade de São Paulo - São Paulo - 2007

CONCEIÇÃO, Monique Osório Talarico da; GRILLO, Maria Lúcia Netto; BAPTISTA, Luiz Roberto Perez Lisboa; CONCEIÇÃO, Vanessa Rodrigues da; GSCHWEND, Júlia de Figueiredo. *Uma Proposta de Utilização da Acústica Musical no Ensino de Física*. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF, 2009.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do Oprimido*. 17ª edição. Rio de Janeiro. Editora Paz e Terra. 1987.

FREITAS, M. T. A. *A pesquisa em educação: questões e desafios*. Vertentes, São João Del Rei, n. 29, jan./jun. 2007. p. 28-37.

GERHARDT, Tatiana Engel; e SILVEIRA, Denise Tolfo (Org.). *Métodos de Pesquisa*. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica - Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. - Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009

GRANJA, Carlos Eduardo de Souza Campos. *Musicalizando a escola: música, conhecimento e educação*. Coleção Ensaios Transversais. São Paulo: Editora Escrituras, 2006.

GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) – “Física 1 – Mecânica”. 7ª Edição, 4ª Reimpressão - EDUSP, São Paulo, 2012

GOHN, Daniel M. (2001). *A Tecnologia na Música*. XXIV Congresso Brasileiro da Comunicação – Campo Grande /MS – setembro 2001

GORI, Renata Machado Assis. *Observação Participativa e Pesquisa-Ação: Aplicações na Pesquisa e Intervenção Educativa na Escola*. Revista Eletrônica do Curso de Pedagogia do Campus Avançado de Jataí da Universidade Federal de Goiás. Vol. I , n.2, 2006.

GRILLO, M.L.N.; BAPTISTA, L. R. P. L.; CRESPO, J. A. de A. ; MOREIRA S. A.; VICENTE, L. das N. *O Violão No Ensino De Física*. in: II Simpósio Nacional De Ensino De Ciência e Tecnologia, Ponta Grossa – PR, 2010.

HOSOUME, Yaassuko. *Projeto Disciplinar de Formação Continuada de Professores de Física - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF)*. IN: MENEZES, Luis Carlos (Org.) *Formação continuada de professores d ciências no contexto ibero-americano*. Tradução Inés Prieto Schimidt e Sônia Salém. Campinas: Autores Associados; São Paulo, 1996. P. 141-146. (Coleção formação de professores).

IAZZETTA, Fernando. *Um Novo Músico Chamado Usuário*. Em Anais do "I Simpósio Internacional de Computação e Música", Caxambú, Minas Gerais, Agosto de 1994, pp. 231-235.

IAZZETTA, Fernando. *Material, Forma e Processo na Música Eletroacústica*. Apresentado no "VI Simpósio Brasileiro de Computação e Música", Rio de Janeiro, RJ, julho de 1999.

IAZZETTA, Fernando. *O que é Música (Hoje)*.vi Fórum Catarinense de Musicoterapia – 2001

JOURDAIN, R. *Música, cérebro e êxtase: como a música captura a nossa imaginação*. Rio de Janeiro: Objetiva, 1998.

LAZZARINI, V. E. P.,. *Elementos de Acústica*. Departamento de Artes. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 1998.

LOPES, Fabrício Souza; BELLAN, Ciro Lino e TAGLIATI, José Roberto. *Propostas para o Ensino de Ondas e Acústica Utilizando Música e Instrumentos Musicais*. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física – 2005.

LOUREIRO, Alicia Maria Almeida. *O ensino da música na escola fundamental*. Campinas,São Paulo: Papyrus, 2003.

MAGALHÃES, Solange Martins Oliveira. *Transdisciplinaridade, afetividade e sensibilidade: contribuições para a formação docente* - Ed. Ambiental, 2011. Anais do II Simpósio Sobre Educação Ambiental e Transdisciplinaridade. Goiânia: UFG, 2011.

MARADINO, M.; MARTINS, L. C.; GRUZMAN, C.; CAFFAGNI, C. W.; ISZLAJI, C.; CAMPOS, N. F.; MÔNACO, L.; SALGADO, M.; FIGUEROA, A. M. S.; BIGATTO, M. *A abordagem qualitativa nas pesquisas em educação em museus*. VII Enpec – Encontro Nacional em Pesquisa Educação em Ciências. Florianópolis, 2009.

MARQUES, Luciana Pacheco; OLIVEIRA, Sâmya Petrina Pessoa. *Paulo Freire e Vygotsky: reflexões sobre a educação*. In: Colóquio Internacional Paulo Freire, Recife, 2005.

MATOS, Cauê (organizador). *Ciência e Arte – imaginário e descoberta*. São Paulo: Terceira Margem, 2003.

MENEZES, F., *A Acústica Musical em Palavras e Sons*, São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

MENEZES, L.C. Formação continuada de professores de ciências no âmbito ibero-americano. 2ed, Campinas, SP: Autores Associados; São Paulo, SP: NUPES, 2001. p.141-146. (Coleção formação de professores).

MEDAGLIA, Júlio. *Música Impopular*. Global Editora e Distribuidora LTDA. 2ª Edição. São Paulo - 2003.

MOREIRA, Ideu de Castro e MASSARANI, Luisa. *Música e Ciência: Ambas filhas de um ser fugaz*. X Reunión de la Popularización de la Ciencia y la Tecnología em América Latina y el Caribe (RED POP – UNESCO) y IV Taller “Ciencia, Comunicación y Sociedad”. San José, Costa Rica, 9 al 11 de maio, 2007.

MOREIRA, Daniel Augusto. *O Método Fenomenológico na Pesquisa*. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.

MOREIRA, Marco Antonio. *A questão das ênfases curriculares e a formação do professor de Ciências*. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 3(2): 66-78, ago. 1986.

MORIN, Edgar. *A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. 7. ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2002.

OLGUIN, Giuliano. *A Visão de Currículo nos Livros Didáticos: o eletromagnetismo no ensino médio como exemplo*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Física - Universidade de São Paulo - São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, Jane Raquel Silva. *Pesquisa participativa na elaboração de um material didático sobre comunicação e expressão em linguagem científica para estudantes de graduação em Química*. Dissertação de Mestrado – Instituto de Química – Universidade de São Paulo – São Carlos, 2006.

PENTEADO, A. M.. & PUIG, Daniel. *Arte na EJA*. Documento de Reorientação Curricular. Programa Sucesso Escolar. Secretaria do Estado de Educação, Governo do Rio de Janeiro, 2005.

PEREIRA, Jairo Alves; *Uma reelaboração de conteúdo de física do segundo grau: a eletricidade como exemplo*. Dissertação de Mestrado - São Paulo, 1995.

PEREIRA, Rafael Andrade; *A física da música no Renascimento: uma abordagem histórico-epistemológica*. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo - São Paulo, 2010.

PERPÉTUO, Eliton; PEREIRA, Rosa e BORGES, Maria Helena Jayme. *Computador, multimídia e softwares na educação musical: uma experiência*

interdisciplinar em escola pública de ensino formal. ANPPOM – Décimo Quinto Congresso – 2005.

PUGLIESE Renato Marcon; ZANETIC, João. *A Música Popular Como Instrumento para o Ensino de Física. XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física – 2007.*

QUEIROZ, Luis Ricardo Silva e MARINHO, Vanildo Mousinho. *Educação musical nas escolas: uma proposta de formação continuada para professores do ensino fundamental do município de Cabedelo-PB. XVI Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Música (ANPPOM), Brasília, 2006*

RABELLO, Elaine; PASSOS, José Silveira. *Vygotsky e o desenvolvimento humano. Martins fontes, 2007.*

RIBEIRO, Felipe de Almeida. *Softwares para composição com quartos de tom. Anais – IV Fórum de Pesquisa Científica em Arte, Curitiba, 2006.*

ROCHA, Eliza Emília Rezende Bernardo. *A Pesquisa Participante e seus Desdobramentos – Experiências em Organizações Populares. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária – Belo Horizonte – MG, 2004.*

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

RUI, Laura Rita, STEFFANI Maria Helena. *Física: Som e Audição Humana. XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física - 2007*

SARTORI, Adriel Fernandes e RAMOS, Eugenio Maria de França. *Ferramentas Audiovisuais como Instrumento no Ensino de Física. Apresentação de Trabalho/Congresso – 2006.*

SARTORI, Adriel Fernandes e RAMOS, Eugenio Maria de França. *Vídeos de baixo custo como instrumentos para o Ensino de Ciências*. 59ª Reunião Anual da SBPC.

SATIRO, Maria Sumie Watanabe. *"Reaquecendo" o ensino de Física Térmica*. São Paulo, Instituto de Física/Faculdade de Educação, USP, 1989.

SEKEFF, Lourdes, M. *Da música: seus usos e recursos*. São Paulo: Unesp, 2002.

SILVA, Glauco S. F. da. *As intervenções do professor e o processo grupal nas aulas de Física: uma análise à luz da teoria dos grupos operativos*. Dissertação de Mestrado - Instituto de Física – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SILVA, Marcelo Carlos. *Piaget, Vygotsky, Paulo Freire e Feuerstein: Aproximações Teórico-Conceituais*. PSICOGLOBAL: PT, V. 184, P. 1-19, 2008.

SILVEIRA, Alessandro Frederico da; SILVA, Indianara Lima; SANTOS, Karine dos; SANTOS, Rafaela Luiz Pereira. *A Inserção da Música no Processo de Ensino-Aprendizagem de Física: Mais um Recurso Pedagógico*. XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF, 2007.

SOUZA, Ana Guiomar Rego. *Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade no conhecimento musical*. Anais do II Seminário de Pesquisa em Música da UFG, 2002

TOSCANO, Carlos. *Acendendo Algumas "Luzes" e Tomando uns "Choques": A Proposta para o Ensino do Eletromagnetismo do GREF numa perspectiva de Formação Continuada de Professores*. São Carlos (SP), 1991.

TRENTIN, Elisabete, *Os instrumentos musicais como recurso didático no ensino de acústica*. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo - São Paulo, 2003.

UMEDA, Guilherme Mirage. *Educação na Linguagem da Anima. Diálogos ontológicos com a música*. Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo – São Paulo, 2011.

WISNIK, José Miguel. *O Som e o Sentido – Uma outra história das músicas*. Companhia das Letras, 2ª Edição, 6ª reimpressão, São Paulo, 2007.

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

ANEXOS

ANEXO 1: Material sobre Física do Som produzido e aplicado

ANEXO 2: Questões propostas ao final do curso sobre Física do Som

ANEXO 3: CD com exemplos de músicas e sons

ANEXO 1:

Material sobre Física do Som produzido e aplicado

1 a 11

1. O Som!
2. Qual é a Música?
3. Que onda é essa?
4. A trajetória do som
5. Os caminhos do som
6. Encontros e reencontros do som
7. Como ouvimos?
8. O que ouvimos (ou não)
9. Notas escalas
10. A cor do som
11. O Som e suas Músicas

1

O Som!

Desde o nosso nascimento, ou até antes dele, estamos imersos em um universo repleto de sons.

1

1 O som!

Iniciando pelo despertador que toca pela manhã até um carinhoso "boa noite" que ouvimos antes de dormir, podemos listar um grande número de sons que ouvimos durante nossa jornada diária.

Mesmo quando nos encontramos em um lugar silencioso, podemos sentir a presença de sons, mesmo que apenas em nossos pensamentos e em nossas memórias. Sons que muitas vezes não damos muita atenção, algumas vezes nos irritam e outras nos confortam.

São muitas as sensações e emoções que um som, ou um conjunto de sons, pode proporcionar tanto em humanos, como em outros animais e até em plantas.

A música faz parte dessa combinação de sons que nos desperta diferentes sentimentos.

Em um contexto mais formal e técnico, a palavra som está relacionada a um fenômeno físico associado à vibração mecânica de um meio material. Quando a palavra som é usada de forma coloquial ela pode ser entendida, por exemplo, como representação de músicas, quando um grupo de músicos se reúne para "fazer um som", ou pessoas se juntam para "ouvir um som".

Como nasce o som?

O ar em que vivemos (e que respiramos) nos trás continuamente diferentes sons que nos causam diferentes sensações.

Nos muitos exemplos de formas de produção do som, nota-se que para que ele seja produzido é necessário que haja algum tipo de vibração, produzida pelo que chamamos de **fonte sonora**.

A voz é produzida pela vibração das pregas (cordas) vocais devido à passagem do ar que é impulsionado pelo diafragma até sair pela nossa boca.

Colocando suavemente a ponta do dedo indicador no pescoço podemos sentir, ao falar, a vibração responsável pelo som que será propagado no ar. Faça essa experiência!

1 O som!

Outros sons podem ser produzidos pelo contato entre objetos, como por exemplo, uma pancada na parede ou um arranhão na mesa.

Nos instrumentos musicais podemos identificar diferentes formas de produção do som.

Ao batermos um tambor, estamos transferindo uma energia mecânica para o couro através de nosso braço, que pode ser estendido por um bastão, ou alguma coisa do tipo. O couro deve estar esticado e preso ao corpo do instrumento com o auxílio de uma armação. Diferentes tipos e tamanhos de couro e couro, assim como diferentes maneiras de bater, produzem diferentes sons.

Os instrumentos musicais que necessitam de "batidas" para produzirem sons são chamados de *instrumentos de percussão*. Cite alguns exemplos de instrumentos de percussão que você conhece.

Assim como na produção da voz, muitos instrumentos usam a energia do ar para produzir vibrações e assim diferentes sons.

Uma flauta, por exemplo, deve ser soprada para que emita um som.

Ao assoprarmos promovemos a vibração de uma "palheta" produzindo assim um som. Dependendo do material e da forma da palheta e do corpo da flauta, combinado com a forma com que ela é soprada, diferentes sons serão produzidos.

Os instrumentos musicais que necessitam serem soprados para produzirem sons são chamados de *instrumentos de sopro*.

Cite alguns exemplos de instrumentos de sopro que você conhece.

No violão, por exemplo, a produção do som se dá pela vibração das cordas.

Utilizando-se de uma palheta, um arco ou mesmo com os dedos podemos fazer com que as cordas vibrem produzindo sons. As cordas devem estar ao corpo do instrumento. O tamanho e a espessura da corda, assim como a força com que ela é tensionada e o formato e material do corpo, interferem diretamente no som produzido.

Os instrumentos musicais que necessitam da vibração de cordas para produzirem sons são chamados de *instrumentos de corda*.

Cite alguns exemplos de instrumentos de corda que você conhece.

1 O som!

O que você tem ouvido?

Faça uma lista de sons que você normalmente ouve em um dia comum.

Você pode dividi-la em grupos de acordo com a natureza de cada um dos sons, como por exemplo: sons produzidos por fenômenos atmosféricos, como relâmpagos, ventos, chuva, etc. sons produzidos por animais, como cães, gatos, pássaros, etc.; sons produzidos por máquinas, como carros, serras, TVs, rádios, etc.; sons produzidos com motivos artísticos ou religiosos, como músicas instrumentais, cantos, mantras, etc.

Utilizando a lista de sons que ouvimos feita anteriormente, analise a forma com que o som é produzido em cada situação.

Batidas / Atrito / Sopro (ar)

Enumere os instrumentos de percussão, corda e sopro que você conhece.

Silêncio pessoal!

Quando pensamos em um ambiente sem sons, pensamos no silêncio. Mas é possível ouvir o silêncio?

Em uma sala, feche as janelas, portas, e cortinas, apague as luzes, feche os olhos e tente não produzir nenhum som. O que você ouve?

Tampe os ouvidos com a mãos. E agora? O que você ouve?

Fazendo um som!

Peça para que os alunos, um de cada vez, produza um som com alguma "coisa" que esteja a seu alcance, podendo utilizar uma caneta, um estojo, uma lata de refrigerante ou mesmo com a própria voz.

Cada aluno deve explicar como produziu "seu som".

Classifique cada som de acordo com a forma com que foi produzido (batidas, atritos, sopro, voz, etc.)

2

Qual é a Música?

Por muitos e muitos anos a música fez e faz parte da vida dos humanos.

A música em diversos períodos da história expressou e estimulou a imaginação e a criatividade das pessoas, despertando os mais diversos sentimentos durante toda a história da humanidade.

2 Qual é a Música?

Como terá surgido a música?

Para cadenciar trabalhos coletivos?

Para atividades místicas ou religiosas?

Para sedução amorosa?

Foi Deus quem criou?

Ou também o Diabo?

Qual a sua música preferida?

Peça para que cada aluno de sua turma diga o nome de uma música que pode ser considerada como sua música preferida.

Se a sua sala possuir um computador com caixas de som e conectado à internet, será possível reproduzir e ouvir todas, ou quase todas as músicas citadas.
Também é possível que alguns alunos possuam a música (em forma de arquivo) em seus *smartphones* ou *pen drives*, possibilitando sua reprodução.

Quais as semelhanças e as diferenças entre as músicas ouvidas?

Podemos começar pela época (ano) em que foi composta... Qual é a mais antiga? Qual é a mais nova?

Outra forma de analisar semelhanças e diferenças pode ser pelo ritmo...

Qual(is) a(s) mais agitada(s)? Qual(is) a(s) mais serena(s)?

Muitos instrumentos musicais são utilizados para produzir essas músicas.

Quais instrumentos musicais você pode identificar ao ouvir essas músicas? Quais deles são comuns a duas ou mais músicas? Quais só aparecem em uma das músicas?

2 Qual é a Música?

Analisando os diferentes "tipos" de música nota-se que alguns instrumentos musicais são característicos de cada um desses "tipos" como, a guitarra no rock, o pandeiro no samba, entre outros.

Esses "tipos" de música, podem ser chamados de **gêneros musicais**.

Cada gênero musical caracteriza uma forma de expressão, seguindo alguns "padrões" de composição.

Curiosidade

A **Música Clássica** é um dos gêneros mais apreciados em todo o mundo, podendo ser tocada por muitos instrumentos como violino, cravo, piano, violoncelo, viola e outros. A música clássica pode ser subdividida em sinfonias, sonatas, óperas, operetas, ensaios, aberturas, etc. Dentre os grandes nomes da música clássica estão: Chopin, Mozart, Wagner, Strauss, Bach, Beethoven, Liszt, entre outros.

Consulte em dicionário e na internet a diferença entre cada uma dessas subdivisões citadas acima.

Quando comparamos gêneros musicais populares mais contemporâneos como o rock, sertanejo, pop, pagode e outros, notamos semelhanças nos instrumentos utilizados como o violão, a guitarra, o baixo, a bateria, os teclados, além dos vocais e outros como percussão, sopros e cordas.

Alguns instrumentos musicais caracterizam um estilo associado ao gênero musical, como por exemplo a guitarra no rock e o pandeiro no samba. Os eletrônicos (rap, hip hop, techno, funk, tecnobrega) também têm suas semelhanças, como por exemplo, a forma como a música é produzida (computador) e os elementos (sons) utilizados.

Junto a um grande número de semelhanças, encontram-se inúmeras diferenças como, por exemplo, o ritmo. O ritmo da música pode provocar euforia, alegria, tristeza, melancolia, etc. Esses sentimentos também podem estar associados à letra e à forma com que ela é cantada e como a música é tocada.

Você conhece alguma música que foi gravada por dois artistas diferentes? E em gêneros musicais diferentes? Dê um exemplo e discuta as diferenças encontradas em cada interpretação.

2 Qual é a Música?

Atividade

Quais gêneros musicais você conhece?

Faça uma lista dos gêneros musicais que você conhece e identifique suas principais características (ritmo, instrumentos musicais utilizados, época, país ou região de origem, etc.).

Qual ou quais instrumentos musicais caracterizam cada gênero listado?

Alguns exemplos de gêneros musicais

Rock	Brega
Samba	Forró
Axé	Jazz
Funk	Blues
Sertanejo	Punk
Pop	Clássica
Black	Folclórica
Eletrônica	Religioso

Preencha a tabela abaixo, dando exemplos de gêneros / estilos musicais e associando a ele um artista ou conjunto e uma música composta por ele.

Estilo Musical	Artista	Música
Clássico	Beethoven	5ª Sinfonia

Como vimos, músicas diferentes provocam sensações e emoções diferentes. Preencha a tabela abaixo relacionando um tipo de música com uma atividade para a qual ele é mais apropriado.

Tipo de música	Atividade
Axé	Dançar

3

Que onda é essa?

Não encontramos ondas apenas no mar. Se pararmos para pensar, veremos que as ondas estão presentes em diversas situações do nosso dia a dia. Você poderia dar alguns exemplos?

3 Que onda é essa?

Quando uma fonte sonora é acionada, sua vibração é transferida para as moléculas do ar que está a sua volta, assim as moléculas de ar “incorporam” algumas características vibratórias da fonte. Uma dessas características está associada ao número de vibrações realizadas pela fonte, consequentemente pelas moléculas do ar, por unidade de tempo.

Quanto maior for o número de vibrações produzidas por segundo, maior a frequência da vibração.

A unidade de medida da frequência no Sistema Internacional de Unidades (S.I.) é denominada Hertz (Hz).

Curiosidade

Podemos classificar a voz humana de acordo com a frequência como: grave, média e aguda. As vozes masculinas são geralmente mais graves que as vozes femininas.

A voz utilizada no canto pode ser masculina ou feminina, jovem ou adulta. As vozes masculinas são classificadas como: baixo, barítono, tenor e contratenor. As vozes femininas são: contralto, meio-soprano e soprano. Essas categorias são definidas em termos de frequências:

Vozes	Frequência em Hz
Baixo	85 a 320
Barítono	100 a 380
Tenor	130 a 440
Contralto	170 a 640
Soprano	250 a 850

A frequência é uma característica fundamental nos fenômenos ondulatórios.

Esses fenômenos ondulatórios (ondas) são encontrados em diversas situações do nosso dia a dia. Você poderia citar alguns exemplos?

Nos exemplos citados, podemos perceber que alguns tipos de onda são produzidos por pulsos (vibrações) elétricas – ondas eletromagnéticas, como por exemplo as ondas de rádio. Outros tipos caracterizam-se por serem produzidos por pulsos (vibrações) mecânicas – ondas mecânicas, como por exemplo as ondas do mar.

As ondas mecânicas necessitam que haja um meio material para se propagarem, já as ondas eletromagnéticas não necessitam de matéria para se propagarem

Ondas eletromagnéticas

- Celular
- Rádio
- TV
- Microondas
- Calor
- Luz
- Rato X

Ondas mecânicas

- Som
- Ondas do mar
- Corda vibrando
- Ultrassom
- Sonar

3 Que onda é essa?

Com o auxílio de uma corda e uma mola, é possível ilustrar diversas características das ondas.

Fazendo a corda vibrar na direção perpendicular ao seu comprimento, temos a formação de uma **onda transversal**.

Fazendo a mola vibrar na direção paralela ao seu comprimento, temos a formação de uma **onda longitudinal**.

A distância entre dois pontos de altura máxima (crista) consecutivos ou a distância entre dois pontos de altura mínima (vale) é denominada **comprimento de onda**.

O comprimento de onda é a distância percorrida por uma onda para realizar uma oscilação completa e é representado pela letra grega lâmbda (λ).

Aumentando e diminuindo o ritmo da vibração (frequência), podemos analisar as características de ondas de baixa e alta frequência.

Aumentando e diminuindo a intensidade de vibração, estamos aumentando e diminuindo a **amplitude** da onda, assim podemos analisar as características de ondas de baixa e alta amplitude.

O tempo necessário para que uma onda percorra a distância de um comprimento de onda (λ), é denominado **período da onda** (T).

3 Que onda é essa?

Analisando o movimento ondulatório da corda, notamos que a direção de propagação de onda é única. As ondas que se propagam em uma única direção são chamadas de ondas unidimensionais.

Jogando uma pedra em lago e analisando a movimentação da superfície da água, notamos que a propagação das ondas formadas ocorre em duas direções, caracterizando-as junto à superfície como ondas bidimensionais.

Se considerarmos que além da movimentação produzida na superfície do lago ocorra também movimentação da água a sob a superfície, notaremos que as ondas formadas se propagam em três direções, portanto são ondas tridimensionais.

Quando largamos separadamente e da mesma altura duas pedras de massas diferentes em um lago, notaremos que a pedra de maior massa provocará maiores ondas, por que isso ocorre? Qual a principal característica da onda formada é alterada devido à massa da pedra?

12

E o som? Qual a sua onda?

- () Mecânica () Transversal () Unidimensional
() Eletromagnética () Longitudinal () Bidimensional
() Mista () Tridimensional

A "ola" é uma coreografia que se popularizou na Copa do Mundo de Futebol de 1986 no México. Para produzi-la, os participantes levantam-se e erguem os braços em fileiras sucessivas, perpendiculares ao centro (campo ou palco), criando o efeito visual de uma onda que percorre a audiência.

Observando a movimentação da "ola" e estimando as dimensões de um estádio de futebol, você seria capaz de calcular sua velocidade de propagação? Qual a natureza da onda formada?

Exercitando

A tabela abaixo apresenta as frequências, em hertz, dos sons fundamentais de notas musicais produzidas por diapasões que vibram no ar, num mesmo ambiente.

Nota	Do	Ré	mi	Fá	Sol	Lá	Si
frequência (Hz)	264	297	330	352	396	440	495

A partir das informações fornecidas, podemos afirmar que:

- a) o comprimento de onda do som lá é menor do que o do som ré, mas ambos propagam-se com a mesma velocidade.
b) o som si é mais grave do que o som mi, mas ambos se propagam com mesma velocidade.
c) o som fá é mais agudo do que o som ré, mas a velocidade de propagação do ré é maior que de fá, embora seus comprimentos de onda seja iguais.
d) o comprimento de onda do som dó é maior que o do som sol, mas ambos se propagam com mesma velocidade.
e) o som si é mais agudo que o som mi, mas a velocidade de propagação de mi é maior que de si.

4

A trajetória do som

O som é produzido pela vibração de uma fonte sonora.

A energia dessa vibração é transferida para o ar que por sua vez transporta essa energia sonora, como forma de onda até nossos ouvidos.

4 A Trajetória do som

O som se propaga no vácuo?

São as moléculas que transportam o som?

Uma fonte sonora transmite sua vibração para as moléculas do ar que a envolve, fazendo com que essas moléculas passem a vibrar com a mesma frequência da fonte. A movimentação dessas moléculas de ar promove regiões de alta e baixa concentração de ar. Essa diferença de concentração (densidade) de ar resulta em variações da pressão. Dizemos que há formação de ondas de pressão.

Para nós humanos, é mais comum ouvirmos sons que chegam até nós através do ar. Para os peixes, por exemplo, o som chega através da água.

Por que nossa voz fica diferente quando inalamos gás Hélio? Você já fez ou viu alguém fazendo essa experiência?

Os balões encheidos com gás hélio tendem a subir quando são soltos. Isso ocorre porque o gás hélio é menos denso que o ar, ou seja, as moléculas de hélio são mais leves que as moléculas que compõem o ar, portanto ao falarmos após inalá-lo a velocidade de propagação do som produzido aumenta fazendo com que a frequência do som aumente, assim nossa voz fica mais aguda.

ATENÇÃO!!!

A INALAÇÃO DO GÁS HÉLIO POR TEMPO PROLONGADO PODE CAUSAR DIVERSOS PROBLEMAS DEVIDO À FALTA DE OXIGÊNIO NOS PULMÕES, PODENDO ATÉ LEVAR O INDIVÍDUO À MORTE!

4 A Trajetória do som

Onde o som é mais rápido?

- () Sólidos
- () Líquidos
- () Gases

Dependendo das características do meio onde o som está se propagando, haverá uma mudança na velocidade de propagação (v) do som.

A tabela abaixo mostra como a velocidade do som pode variar conforme o meio em que ele se propaga.

Meio	Velocidade (m/s)
Oxigênio (0°C)	317
Ar (20°C)	344
Água (20°C)	1450
Ferro	5100
Granito	6000

Equação de onda

Como foi dito, o período (T) de uma onda é o tempo decorrido para que ela percorra a distância de um comprimento de onda (λ), desse modo, pode-se calcular a velocidade de propagação (v) de uma onda dividindo seu comprimento de onda pelo seu período.

$$V = \lambda / T$$

Considerando que a frequência de uma onda pode ser expressa por:

$$f = 1 / T$$

Combinando as duas expressões tem-se:

$$V = \lambda \cdot f \quad (\text{Equação de onda})$$

Associando essa expressão às ondas sonoras e suas utilizações na música, é mais conveniente que se trabalhe em função da frequência e do comprimento de onda, portanto pode-se escrevê-las do seguinte modo:

$$f = v / \lambda$$

Como vemos nas expressões acima, a frequência e o comprimento de onda são grandezas inversamente proporcionais, sendo assim, o aumento de uma acarretará na diminuição da outra e vice-versa.

4 a trajetória do som

Toca aí, moleque!

Tomando como exemplo a corda de um violão, se fizermos com que ela vibre livremente, ela emitirá um som característico. Pressionando a corda contra o braço do violão (pestana) de modo que o comprimento da parte vibrante fique menor, ouviremos um novo som.

Como se utilizou a mesma corda, não houve mudança na densidade, mas sim no comprimento da corda. Esse comprimento é metade do maior λ permitido. Diminuindo esse valor há um aumento na frequência de vibração dessa corda, como consequência o som emitido será mais agudo que o som emitido com a corda solta.

A mesma experiência pode ser feita com instrumentos de outra natureza como uma flauta, por exemplo. Neste caso, o comprimento da onda estará relacionado com o tamanho da coluna de ar em seu interior, tamanho esse que pode ser modificado através da abertura ou do fechamento dos orifícios contidos em seu corpo.

No violão cada corda produz um som diferente, por conta de suas características e de sua tensão, além disso, fazendo a "pestana" produzimos uma variedade de frequências para cada uma.

Cada corda do violão possui uma espessura (densidade linear) diferente. Quanto mais fina for a corda mais agudo será o som emitido por ela, consequentemente, quanto mais grossa for a corda, mais grave será o som emitido por ela.

Além da espessura, mudando a tensão (força) aplicada na corda também haverá mudança no som emitido por ela.

Quanto mais "esticada" (maior tensão) mais agudo o som emitido, consequentemente, quanto mais "frouxa" (menor tensão) mais grave o som emitido.

Como variar a frequência do som emitido pela lâmina ou régua vibrante da pag. 14? Qual é o submúltiplo de λ corresponde a parte livre da lâmina?

Vestibulares

(UERJ) A sirene de uma fábrica produz sons com frequência igual a 2640 Hz. Determine o comprimento de onda do som produzido pela sirene em um dia cuja velocidade de propagação das ondas sonoras no ar seja igual a 1.188 km / h.

5

Os caminhos do som

Para chegar até nós o som pode percorrer diversos caminhos e passar por diversos obstáculos.

5 Os caminhos do som

Muitas vezes não queremos ouvir alguns sons e tentamos bloquear sua passagem.

Copyright © 1999 Mundo de Sousa Produções Ltda. Todos os direitos reservados.

Quando fechamos a janela ou tampamos nossos ouvidos, estamos criando um obstáculo para a passagem do som. Esses obstáculos parcialmente essa energia sonora.

Alguns materiais têm maior capacidade de bloquear a passagem do som. Materiais com essa característica são chamados de **isolantes acústicos**.

Em alguns casos, dependendo do material do "obstáculo" que o som encontra, parte desse som é absorvido, parte ultrapassa o "obstáculo" e parte é refletida.

Se desejarmos isolar acusticamente um ambiente, devemos revesti-lo com um material que tenha grande capacidade de absorção, como espumas, tapetes, cortinas e outros. Materiais mais rígidos e lisos se caracterizam por serem mais reflexivos. Paredes lisas, azulejos, portas e telhas de metal, por exemplo, tendem a tornar o ambiente mais favorável à **reflexão do som**.

Copyright © 2004 Mundo de Sousa Produções Ltda. Todos os direitos reservados.

Dois fenômenos muito interessantes podem ocorrer devido à reflexão do som: o **eco** e a **reverberação**.

O Eco

Seres humanos só conseguem distinguir dois sons distintos se o intervalo de tempo entre eles for igual ou superior a 0,1 segundos. Se um obstáculo refletor estiver à distância suficiente o som refletido será reconhecido como eco.

A Reverberação

Caso um som refletido atinja o ouvido durante a percepção do som emitido, ele terá a sensação de prolongamento do som, ou seja, o som que é refletido irá dar continuidade ao som direto, sendo esse fenômeno denominado **reverberação**.

O estudo dos materiais utilizados na construção de ambientes é de suma importância, dependendo da finalidade dessa construção. Salas de teatro e concerto musical, por exemplo, devem ter em suas paredes materiais de alta absorção sonora, pois um grande número de reflexões sonoras pode interferir diretamente na qualidade da apresentação, prejudicando o espetáculo.
Um ambiente onde as paredes sejam constituídas de um material que produz muita reflexão sonora terá uma péssima inteligibilidade dos sons produzidos em seu interior. Isso acontece, geralmente, em grandes igrejas, salões de festa, ginásios esportivos, etc., e pode ser corrigido as vezes com a instalação de cortinas.

5 Os caminhos do som

Difração

Vimos que o som, dependendo do obstáculo encontrado, pode ser absorvido, refletido e até atravessar esse obstáculo. Uma outra característica das ondas é a de “desviar” dos obstáculos. Esse fenômeno é denominado **difração**.

Você poderia citar alguns exemplos de difração do som no seu dia a dia?

Rádio Pirata – superposição e interferência

Ouvindo rádio muitas vezes percebemos interferências. Como elas ocorrem? Quando? Onde?

Ao sintonizar uma estação de rádio, por exemplo, algumas vezes pode-se ter dificuldades de se obter um sinal de qualidade dependendo da região onde está localizado o aparelho. Isso ocorre muitas vezes por interferências de outras estações (legais ou ilegais) que prejudicam a qualidade do sinal desejado.

As rádios “piratas” podem prejudicar alguns sistemas de comunicação como, por exemplo, a comunicação entre pilotos de avião e as torres de controle.

Quando duas ou mais ondas que se propagam em um mesmo meio se encontram em alguma posição desse meio, naquela posição haverá uma superposição das ondas originando um efeito dado pela soma algébrica das amplitudes de cada uma dessas ondas que se encontram caracterizado como **interferência**.

A ocorrência da interferência se dá pela superposição linear de ondas, sendo a amplitude de um ponto a soma das amplitudes das ondas superpostas. Como os valores das amplitudes de uma onda podem ter sinais positivos ou negativos, pode ocorrer uma **interferência construtiva** quando os sinais das amplitudes em um certo ponto forem iguais (ou positivos ou negativos). Se em um determinado ponto os sinais das amplitudes forem opostos, ocorrerá uma **interferência destrutiva**.

Interferência Construtiva

Interferência Destrutiva

Em 2006, a ANATEL registrou o funcionamento de cerca de 1000 rádios piratas somente na capital de São Paulo. No mesmo ano, foram registradas até seis interferências por dia nas comunicações com aeronaves. O problema vem se agravando e, por conta disso, as autoridades são obrigadas a alterar a rotina das operações nos aeroportos, objetivando a qualidade na comunicação e, por sua vez, o zelo da segurança operacional dos voos. Ainda de acordo com o levantamentos da ANATEL, para cada rádio pirata fechada, uma nova surgiu na faixa de frequência. O Governo Federal tem adotado ações de fiscalização no intuito de combater a transmissão de rádios piratas e a obtenção de recursos para evitar o surgimento de novas rádios ilegais.

Fonte: http://www.abag.org.br/news/documents/Seg_Voo_InterferenciaRadios.pdf

6

Encontros e reencontros do som

Em suas idas e vindas, o som encontra obstáculos, outros sons e por vezes, reencontra sons que fazem parte de sua própria reflexão. Esses encontros e reencontros produzem diversos fenômenos interessantes.

6 Encontros e reencontros do som

Ondas estacionárias

Vamos usar como exemplo uma corda presa nas suas duas extremidades, como uma corda de violão. Provocando uma vibração nessa corda, teremos uma onda se propagando pela corda em um determinado sentido. Quando essa onda atinge a extremidade fixa, sofre uma reflexão com inversão de fase, assim a onda incidente, ainda presente na corda, interfere com a onda refletida.

Se em certos pontos, a amplitude da onda incidente e da onda refletida tiver o mesmo valor em módulo, haverá naquele ponto uma interferência destrutiva, resultando em uma amplitude nula, fazendo com que esses pontos fiquem sempre estacionários, assim a onda resultante é denominada **onda estacionária**.

Os pontos onde ocorrem interferências destrutivas são denominados **nós** ou **nodos**. As regiões entre dois nós consecutivos são denominadas **ventres**, sendo que no ponto médio entre esses dois nós a amplitude de oscilação é máxima.

Considere uma corda de violão, esticada e fixada nos pontos A e a, na qual são colocados pedacinhos de papel sobre os pontos D, E, F, G e H, conforme a figura a seguir. Observe que as distâncias entre cada ponto e seus vizinhos são todas iguais.

Com dois dedos de uma das mãos, comprime-se o ponto C e com um dedo da outra mão levanta-se a corda pelo ponto B, soltando-a em seguida. Nessa situação, quais os pedacinhos de papel que serão jogados para cima correspondem aos seguintes pontos da corda?

22

Batimento

Quando duas ou mais ondas sonoras com frequências diferentes, mas com valores próximos se superpõem, ocorrerá o fenômeno de interferência como vimos anteriormente, porém como as frequências são próximas, ouviremos uma sucessão de sons fortes (interferência construtiva) e sons fracos (interferência destrutiva).

A frequência de batimento (f_{BAT}) é dada por:

$$f_{BAT} = f_{MAIOR} - f_{MENOR}$$

http://portal.doprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/923/fis_batimento.htm

Podemos observar o fenômeno do batimento na afinação de instrumentos musicais. Quando a frequência da fonte de referência (diapásio ou afinador eletrônico por exemplo) e do instrumento forem diferentes mas próximas, ouve-se o batimento. A frequência do batimento vai diminuindo à medida que o instrumento vai sendo afinado e desaparecerá quando o instrumento estiver afinado.

6 Encontros e reencontros do som

Ressonância

Quando, por exemplo, empurramos uma criança sentada em um balanço com uma frequência igual à frequência de oscilação livre do balanço, notamos que a amplitude de oscilação tende a aumentar significativamente.

Esse fenômeno aplica-se aos instrumentos musicais, como por exemplo, um violão. A corda ao vibrar, transfere a energia vibratória para o corpo do violão, também denominada caixa de ressonância, que passa a vibrar com a mesma frequência do som emitido pela corda, amplificando esse som. Fazendo a mesma experiência com uma guitarra elétrica, cujo corpo é maciço, ou seja, não possui nenhuma cavidade para que o som entre em ressonância, ouviremos o som emitido com uma intensidade muito baixa, sendo necessário um mecanismo elétrico, no caso os captadores, que transmitirão a vibração em forma de pulsos elétricos para um amplificador, que então, reproduzirá o som produzido pelas cordas em uma intensidade maior.

Você já ouviu falar que é possível quebrar uma taça de cristal com a voz? Você acha isso possível?

Se o som da voz atingir a mesma frequência de vibração das moléculas do cristal, haverá um aumento na amplitude de vibração das moléculas podendo quebrá-lo!

Quer ver se é possível? Acesse esse vídeo:
<http://www.youtube.com/watch?v=ytrf-jlvquc&NR=1&feature=endscreen>

Efeito Doppler

Você já percebeu que quando uma ambulância passa por você com a sirene ligada, o som da sirene fica diferente conforme ela se afasta de você? Será que o motorista da ambulância percebe essa diferença no som?

Esse fenômeno é chamado de Efeito Doppler.

Quando a distância entre uma fonte sonora e o ouvinte aumenta ou diminui, a frequência do som percebido pelo ouvinte sofre variações.

Se há aproximação da fonte em relação ao ouvinte, a frequência do som percebido pelo ouvinte será maior (som mais agudo) do que ele perceberia se a fonte e ele estivessem parados.

Se há afastamento da fonte em relação ao ouvinte, a frequência do som percebido pelo ouvinte será menor (som mais grave) do que ele perceberia se a fonte e ele estivessem parados.

6 Encontros e reencontros do som

Balde amplificador

Utilizando um aparelho que reproduza sons, como por exemplo um smartphone, escolha uma música para ser tocada por ele. Deixe a música tocar por algum tempo e analise o som.

Coloque o aparelho dentro de um balde e ponha o ouvido próximo ao balde e veja se houve mudança no som.

O balde funcionará como uma caixa de ressonância aumentando a intensidade do som produzido.

Pêndulo sonoro

Ainda utilizando um aparelho um smartphone, amarre-o em um barbante ou corda e reproduza nele um som (pode ser uma música).

Deixe ele parado e analise o som emitido.

Faça com que ele oscile em movimento pendular aproximando e afastando-o dos ouvintes.

Com esse experimento poderemos observar o Efeito Doppler. Quando o som se aproxima do ouvinte ele fica mais agudo e quando se afasta, mais grave.

A VUVUZELA, instrumento que se tornou muito popular durante a Copa do Mundo de futebol de 2010 na África do Sul, utiliza o princípio da ressonância para amplificar o seu som, devido às características de seu corpo.

Acelera!!!

Em uma transmissão de uma corrida de Fórmula 1, o microfone da emissora capta o som que vem de um carro que passa pela linha de chegada em alta velocidade.

Comente a diferença de frequência do som proveniente do carro quando ele passa, admitindo que o microfone está parado em relação ao carro.

7

Como ouvimos?

Vimos que o som passa por diversos processos físicos antes de chegar até nós. Mas o que acontece com o som quando ele chega a nossos ouvidos?

7 Como ouvimos?

Podemos entender a audição como um fenômeno físico, biológico e psicológico. Quando ouvimos um som, estamos recebendo basicamente uma energia vibratória que se propaga através do ar e é transmitida aos nossos ouvidos. Ao atingir nossos ouvidos, essa vibração é transmitida para componentes como os nervos, que transmitem esses sinais para nosso cérebro e ali são interpretados e transformados

Ao estudar as sensações provocadas pelo som, nota-se que as respostas são subjetivas, ou seja, dependem das condições de como o som é percebido, levando em consideração o ambiente e o próprio aparelho auditivo de quem está ouvindo.

Você tem um bom ouvido?

Utilizando algum aparelho que reproduza músicas, ponha uma música para tocar e vá abaxando o volume lentamente e de maneira gradativa. Qual é o volume mínimo que você ainda consegue ouvir a música. Compare com seus colegas.

O aparelho auditivo

Quando ouvimos um som, as vibrações propagadas em forma de onda pelo ar atingem nosso aparelho auditivo, inicialmente no ouvido externo, que é composto basicamente pelo pavilhão auditivo, canal auditivo externo e tímpano.

O ouvido externo tem como função principal concentrar as ondas sonoras para o canal auditivo, acentuando certas frequências e ajudando na localização da fonte sonora. A orelha, denominada pavilhão auditivo, é a parte mais externa do ouvido externo e pode ter diversas formas e tamanhos, estando presente somente nos mamíferos, tendo como principal função a localização espacial do som (direcionalidade), servindo também como um amplificador dos sons captados.

O canal auditivo é um tubo de aproximadamente três centímetros de comprimento e termina no tímpano, que é uma membrana elástica que fecha esse canal. O tímpano é uma membrana que ao ser atingida pelas ondas sonoras, vibra com uma frequência igual à da onda sonora incidente.

Como em um microfone, onde uma membrana recebe variações de pressão e transfere mecanicamente a informação para um sistema que a transforma em um sinal elétrico, o tímpano se comporta analogamente como a membrana de um microfone. Se as ondas sonoras fossem transversais ao invés de longitudinais, nosso ouvido seria capaz de "perceber" os sons? Explique o que ocorreria.

7 Como ouvimos?

O som até chegar ao tímpano é caracterizado como uma onda de pressão através do ar, porém ao encontrar o tímpano, prossegue na forma de um movimento mecânico transmitido para o ouvido médio.

Compare o formato do pavilhão auditivo com o formato de uma corneta e comente a semelhança.

No ouvido médio, os ossículos (martelo, bigorna e estribo) transmitem a vibração do tímpano para o ouvido interno. O martelo é acoplado ao tímpano e está ligado ao estribo através da bigorna. O estribo fica conectado à janela oval que é a entrada do ouvido interno. Esse três ossículos amplificam as vibrações produzidas pelas ondas sonoras, possibilitando que sons de intensidade baixa sejam ouvidos.

Ouvido médio e ouvido interno

O ouvido médio se liga à faringe pela trompa de Eustáquio, que funciona como uma válvula, permitindo a entrada e saída de ar, possibilitando a equalização da sua pressão. Uma das funções do ouvido médio é a de proteger o ouvido interno de sons com alta intensidade ou variações repentinas de pressão, seja contraindo o tímpano ou afastando o estribo da janela oval, através de dois conjuntos de músculos.

Na Balada!

Você já sentiu seu ouvido “zumbindo” após passar uma noite em uma “balada” ou show ouvindo músicas com volume muito alto? Esse “zumbido” durou quanto tempo? Isso sempre acontece com você?

Esse sintoma pode caracterizar um dano no seu aparelho auditivo.

Faça uma pesquisa sobre os danos causados pela exposição excessiva a sons de alta intensidade e discuta como eles podem ser evitados

A cóclea, os canais semicirculares e o nervo auditivo constituem basicamente o ouvido interno. A cóclea se assemelha a uma concha caracol, sendo que a cóclea e os canais semicirculares são cheios de um líquido.

As vibrações sonoras transmitidas pelos ossículos à janela oval produzem movimentações no líquido, estimulando as células ciliadas, que são pequenas células nervosas encontradas no interior da cóclea. Essas células enviam impulsos elétricos ao cérebro através do nervo auditivo, fazendo com que aquelas vibrações captadas pelo ouvido externo sejam interpretadas como um som.

Fatos e números

Aproximadamente 800 milhões de pessoas no mundo sofrem de perda auditiva. De acordo com estimativas da OMS, este número deve crescer para 1.1 bilhões até 2015 – aproximadamente 16% da população mundial.

Diversos estudos mostram que aproximadamente 65% das pessoas com perda auditiva têm perda leve, 30% moderada e 5% têm perda auditiva severa ou profunda.

Apenas um terço das pessoas com perda auditiva são idosas. A maior parte estão em idade escolar ou são adultos.

Estudos também mostraram que apenas uma em cada cinco pessoas que poderiam se beneficiar de um aparelho auditivo são usuários de aparelhos auditivos

Em média, pessoas com perda auditiva esperam quase 10 anos até fazer algo a respeito.

Ao mesmo tempo, mais e mais jovens sentem algum tipo de perda auditiva, devido principalmente à exposição ruído em excesso e ouvir música muito alta.

http://www.phonak.com/br/b2c/pt/hearing/understanding_hearingloss/facts_and_figures.html

7 Como ouvimos?

Você já parou para pensar nisso?

Você já sentiu como se seu ouvido estivesse entupido ao subir ou descer a serra?

Você saberia explicar por que isso ocorre?

Você já ouviu sua voz em uma gravação? Por que ela parece diferente? Faça essa experiência.

Você costuma ouvir música através de fones de ouvido? Quantas horas por dia você passa ouvindo música (com fones)?

Fone de ouvido pode prejudicar a audição?

Se você costuma ligar o iPod no último volume e sair por aí, prepare os ouvidos. Uma pesquisa recente do Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos mostra que a perda da audição em adolescentes cresceu 31% nos últimos 15 anos. Hoje, um em cada cinco americanos entre 12 e 19 anos tem problemas auditivos. Não há dados oficiais no Brasil, mas nada indica que aqui seja diferente por conta do uso massivo de MP3. "A degeneração natural de nosso ouvido está acontecendo antes do tempo, com o estilo de vida e a exposição maior ao barulho", diz Sílvia Caldas, presidente da Sociedade Brasileira de Otolologia (SBO).

A popularização dos foninhos, claro, contribui com o problema. "Apesar de eles serem cada vez menores, a potência de saída de som é muito elevada, acima dos 100 decibéis", diz o otorrino Daniel Okada, do Hospital Albert Einstein, de São Paulo. Qualquer barulho maior que 85 decibéis representa um risco à audição a partir de duas horas de exposição contínua. Se for um pouco mais alto, 90 decibéis, basta uma hora.

Alguns detalhes indicam que você passou do ponto: se a pessoa ao lado também ouve a música do seu fone, você não consegue escutar barulhos do ambiente e está perguntando muitos "ahns?", é hora de procurar um especialista — muitos casos são irreversíveis, mas é possível remediar o problema com próteses auditivas. Além de perda na audição, pode aparecer um zumbido. "Quando o barulho causa uma lesão nas células sensoriais do ouvido interno, elas podem enviar estímulos inadequados ao nervo, o tal zumbido", diz Caldas. O tipo de fone — earplug, headset ou de isolamento acústico — não faz tanta diferença. "A não ser que o fone não se adapte bem e você tenha que aumentar o volume."

Um projeto de lei na Câmara prevê proibir a venda de aparelhos sonoros com potência acima de 90 decibéis. Até lá, os médicos recomendam ouvir seu tocador de MP3 sempre na metade do volume máximo.

© 2004 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 255: 444–450

8

O que ouvimos (ou não)

O nosso ouvido é capaz de perceber um quantidade enorme de sons diferentes, mas as vezes, há sons que não conseguimos ouvir. Quais características do som são fundamentais para ouvirmos, ou não, um determinado som?

8 O que ouvimos (ou não)

Quais as características fundamentais do som (onda sonora) para que ele seja percebido por um ouvido considerado saudável?

A amplitude e a frequência de uma onda sonora determinarão as principais qualidades dos sons que ouvimos ou, eventualmente, não ouvimos. Sendo a amplitude de uma onda sonora muito baixa, possivelmente, o som correspondente a essa onda não poderá ser ouvido com clareza por um ouvido humano considerado saudável! O mesmo ocorrerá dependendo da frequência da onda sonora.

O aparelho auditivo humano é capaz de perceber sons com frequências de 20Hz até 20.000Hz, porém vale ressaltar que esses limites podem ser alterados dependendo das características do aparelho auditivo de cada um. Sons com frequências menores que 20 Hz são denominados *infra-sons*, já sons com frequências maiores que 20.000 Hz são denominados *ultra-sons*. O intervalo entre as frequências de 20 Hz e 20.000 Hz é chamado de **faixa audível** de frequências.

Quando analisamos como a frequência da onda sonora interfere no som produzido, estamos analisando a sua *Altura* do som.

A audição dos animais

Por que não ouvimos o som do apito para cães?

Pesquise as faixas audíveis de frequências para alguns animais e comente as diferenças em relação aos humanos.

De acordo com a Altura do som, classificamos os sons como **grave**, para um som de **baixa frequência**, ou **agudo**, para um som de **alta frequência**. Assim podemos dizer que um som baixo é um som representado por uma onda sonora de baixa frequência, do mesmo modo, um som alto é um som representado por uma onda sonora de alta frequência.

Som Grave (Baixa Frequência)

Som Agudo (Alta Frequência)

Se tomarmos como exemplo um violão, veremos que ele possui seis cordas e que cada uma delas recebe um nome diferente que corresponde à nota que ela produz quando vibra livremente. Veremos também que seu braço é dividido em partes (casas) por pequenas barras metálicas fixadas na horizontal denominados trastes. Quando pressionamos com o dedo a corda contra o braço, fazemos com que seu comprimento de vibração diminua e, ao fazê-la vibrar, notaremos que o som produzido é mais agudo que o som produzido que ela soa livremente. Nota-se que quanto menor o comprimento da corda, mais vibrações ocorrerão em um mesmo intervalo de tempo e o som produzido será mais agudo.

Abaixa esse som!!!

Diferente do que é comum ouvirmos, a altura do som não está relacionada com o seu volume. Como veremos posteriormente, o volume está relacionado com a amplitude da onda e sua *Intensidade Sonora*.

8 O que ouvimos (ou não)

Ao pé do ouvido

Os sons, em sua totalidade, geram vibrações no meio em que se propagam, mas por experiência diária, sabemos que quando a intensidade sonora é muito baixa (volume baixo – som fraco), temos dificuldade em ouvir o som produzido, dependendo, certamente, de cada pessoa e das características de seu aparelho auditivo.

Intensidade Sonora é a qualidade do som que está relacionada com a energia da onda que atinge nosso sistema auditivo. A quantidade de energia transportada por uma onda está diretamente relacionada com a amplitude dessa onda, portanto, a intensidade de um som será tanto maior quanto maior for a amplitude da onda sonora que o representa.

Som fraco

Som forte

Popularmente, a intensidade sonora está relacionada com o Volume do som. É comum ouvirmos as pessoas dizendo que um som está muito "alto" quando ouvem um som com grande intensidade. Vale ressaltar que a altura do som está relacionada com a frequência da onda sonora e como vimos anteriormente, um som alto é considerado agudo e um som baixo é considerado grave. Quando tratamos da intensidade sonora devemos dizer que um som é fraco ou forte.

A intensidade sonora (I) representa o fluxo de energia transmitida pela onda por unidade de área, já que a onda sonora é tridimensional. Em unidades do Sistema Internacional de Unidades (S.I.), a intensidade sonora é representada em W/m^2 .

Como o sistema auditivo humano é sensível a grandes variações de intensidades, usa-se uma escala logarítmica que define o **Nível de Intensidade Sonora (NS)**. O **Nível de Intensidade Sonora** é uma medida psicofísica, ou seja, ele relaciona a Intensidade Sonora real da fonte com o limiar da audição humana ($I_0 = 10^{-12} W/m^2$). Assim, o Nível de Intensidade Sonora é representado em decibéis (dB) e é quantificado pela lei de Weber-Fechner.

$$NS = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

Onde:

NS = Nível de Intensidade Sonora (em dB)

I_0 = limiar da audição humana ($10^{-12} W/m^2$)

I = Intensidade sonora do som em estudo (em W/m^2)

Na música, a intensidade sonora está relacionada à Dinâmica Musical. As notas que compõem a música podem ser tocadas com diferentes intensidades, dependendo da "força" com que cada uma é tocada. Nesse sentido, a graduação das intensidades proporciona uma sensação dinâmica (de movimento) ao ouvirmos sua execução. Como exemplo de variação das intensidades sonoras durante a execução de uma música, pode-se utilizar o *Bolero de Ravel*, podendo perceber que a intensidade da música vai aumentando gradativamente até que atinge seu ápice no final.

Você já ouviu essa música? Dê outro exemplo de música que apresenta variações significativas na sua Dinâmica Musical.

8 O que ouvimos (ou não)

A tabela a seguir relaciona o Nível de intensidade sonora percebido em algumas situações conhecidas.

Intensidade em dB (NS*)	Fonte sonora
250	Som dentro de um tornado
180	Foguete a 30m; canto de baleia azul a 1m
150	Avião a jato a 30m
140	Tiro de rifle a 1m
130	Límite da dor; Buzina de trem a 1m
120	Concerto de rock; jato decolando a 100m
110	Motocicleta em alta velocidade a 5m
100	Britadeira a 2m
90	Caminhão ligado a 1m
85	Límite de Ruído permitido pela NR-15 (8 horas)
80	Aspirador de pó grande a 1m; tráfego pesado
70	Barulho de tráfego a 5m
60	Som no interior de um escritório ou restaurante
50	Restaurante silencioso
40	Área residencial à noite
30	Interior de um cinema sem barulho
20	Sussurro baixo
0	Límite da audibilidade humana

*NS- Nível de Intensidade Sonora

32

De acordo com a tabela ao lado, determine a intensidade sonora, em W/m^2 , para a situação de tráfego pesado. Utilize a lei de Weber-Fechner para a resolução desse problema.

Vestibulares

1. (Unicamp-Sp) O italiano Luciano Pavarotti, conhecido cantor de ópera, possui uma extensão de voz que varia aproximadamente entre o "dó" (128 Hz) e o "lá" (440 Hz), sendo classificado como tenor. Já um contralto compreende uma extensão de voz que vai, pelo menos, de "sol" (196 Hz) a "mi" (659 Hz). A classificação citada, que pode ainda envolver barítonos, baixos, sopranos e mezzo-sopranos, está calcada na qualidade fisiológica do som conhecida como:

- Intensidade
- Altura
- Timbre
- Volume
- reverberação.

2. (PUC-MG) Em linguagem técnica, um som que se propaga no ar pode ser caracterizado, entre outros aspectos, por sua altura e por sua intensidade. Os parâmetros físicos da onda sonora que correspondem às características mencionadas são, respectivamente:

- comprimento de onda e velocidade.
- amplitude e velocidade
- velocidade e amplitude
- amplitude e frequência.
- frequência e amplitude.

Notas e Escalas

Vimos até agora como o som é produzido, como ele se propaga através de um meio e como ele é percebido pelo nosso ouvido, mas como um som pode virar uma nota musical?

9 Notas e escalas

O que são as notas musicais? Qual(is) você conhece?

No século VI a.C. Pitágoras, construiu um instrumento denominado do monócórdio, que consistia de uma única corda esticada sobre uma mesa e presa nas duas extremidades, havendo também um cavalete móvel que era colocado sob a corda para dividi-la em duas partes. Fazendo a corda vibrar com tamanhos diferentes, foi possível relacionar a relação entre o comprimento da corda com a altura (tom ou nota) do som emitido.

Pitágoras observou que pressionando um ponto situado a $\frac{1}{2}$ do comprimento da corda em relação a sua extremidade – o que equivale a reduzi-la a $\frac{1}{2}$ de seu tamanho original – e tocando-a a seguir, ouvia-se uma quarta acima do tom emitido pela corda inteira. Exercida a pressão a $\frac{2}{3}$ do tamanho original da corda, ouvia-se uma quinta acima e a $\frac{1}{3}$ obtinha-se a oitava do som original.

A partir desta experiência, os intervalos passaram a denominar-se consonâncias pitagóricas. Assim, se o comprimento original da corda for 12 e se a reduzirmos para 9, ouviremos a quarta, para 8, a quinta, para 6, a oitava.

A diferença entre a altura (frequência fundamental) de duas notas é denominada por intervalo. Um intervalo é consonante quando produz no ouvido uma sensação de repouso, ou seja, é agradável ao ser ouvido. Analisando fisicamente, o intervalo consonante se dá quando as notas que o compõem possuem um ou mais harmônicos (frequências múltiplas inteiras da frequência fundamental) em comum com a nota fundamental. Quanto maior for o número desses harmônicos, mais consonante será o intervalo. Quando o número de harmônicos comuns à nota fundamental do intervalo for pequeno, ele será denominado dissonante.

São considerados, tradicionalmente, os intervalos de oitava ($\frac{1}{2}$), de quinta ($\frac{2}{3}$) e quarta ($\frac{3}{4}$), consonâncias perfeitas. Os intervalos de terça ($\frac{4}{5}$) e sexta ($\frac{3}{5}$) são considerados consonâncias imperfeitas, já os intervalos de segunda ($\frac{8}{9}$) e sétima ($\frac{8}{15}$) são considerados dissonantes.

Em termos da frequência da onda sonora produzida por cada nota, podemos notar que os intervalos são determinados pela razão entre as frequências das notas que o limitam.

Entre os sons mais graves e os sons mais agudos podem existir infinitos sons intermediários, porém, são tomados apenas os sons que formam intervalos definidos, representados por números inteiros com o som fundamental. As *notas musicais* estão nestes intervalos definidos, sendo elas componentes discretos.

Usando um teclado, ou um piano virtual (<http://www.virtualpiano.net/>), adote uma nota de referência (Dó, por exemplo) e toque simultaneamente com ela outras notas. Compare as características sonoras de cada intervalo (consonante ou dissonante).

9 Notas e escalas

As escalas musicais

A série ascendente ou descendente de oito notas sucessivas, partindo-se da nota fundamental, sendo que a última nota é semelhante à primeira, porém uma oitava acima ou abaixo, é denominada escala musical, salientando que o que define a escala é a sua primeira nota, denominada tônica ou fundamental.

Na escala musical, a sequência de notas sucessivas que a compõe, formam com a nota fundamental intervalos de segunda, terça, quarta quinta, sexta, sétima e oitava, sendo que a oitava corresponde fisicamente à nota cuja frequência é o dobro da frequência da nota fundamental, no caso de ser a oitava acima, e metade da frequência da nota fundamental no caso de ser uma oitava abaixo. Por exemplo, a oitava de uma nota lá com frequência 440 Hz será outra nota lá só que com frequência de 880 Hz.

Diferentes culturas do mundo desenvolveram diferentes tipos de escalas, cada qual com suas sonoridades características.

Os gregos utilizavam uma escala de cinco notas, que também foi usada pelos chineses e mais tarde pelos escoceses. Por isto, é possível tocar música destas culturas usando somente as teclas pretas de um piano. Os chineses também criaram uma escala com doze notas.

Na cultura ocidental, também usamos uma escala com doze notas. A música árabe usa uma escala com 16 notas e a música indiana, com 22 notas.

<http://www.mundoeducacao.com.br/fisica/notas-escalas-musicais.htm>

A sucessão de sete notas consecutivas é denominada gama musical, sendo que no Brasil as notas recebem os nomes: DÓ, RÉ, MI, FÁ, SOL, LÁ e SI.

As notas também podem ser representadas como C(DÓ), D(RÉ), E(MI), F(FÁ), G(SOL), A(LÁ) e B(SI). Essa notação é mais comum em países de língua inglesa e alemã, mas também é conhecida e usada por músicos no Brasil.

O monge beneditino Guido D'Arezzo (995-1050) foi quem determinou este sistema silábico, percebendo a relação entre as notas musicais e as sílabas dos versos do hino ao padroeiro dos músicos, São João Batista:

*UT queant laxis
Resonare fibris
Mira gestorum
Famuli tuorum
Solve polluti
Labis reatum
Sancte Iohannes*

*Para que teus servidores
Sejam capazes de
soltar suas vozes e cantar
os teus atos milagrosos,
remove a culpa de seus
lábios impuros,
São João*

Mais tarde a nota UT foi trocada por DÓ para que houvesse uma melhor entonação.

A nota lá de 440 Hz é adotada pela maioria dos músicos como referência para afinação de seus instrumentos.

O que são as "teclas pretas" do piano? Como elas são chamadas? Pesquise sobre elas e compartilhe suas descobertas com seus colegas.

9 Notas e Escalas

No ano de 1960, Antônio Carlos Jobim (Tom Jobim) e Newton Mendonça compuseram a música "Samba de uma nota só":

Samba de uma nota só (Tom Jobim / Newton Mendonça)

*Eis aqui este sambinha feito numa nota só
Outras notas vão entrar mas a base é uma só
Esta outra é consequência do qual acabo de dizer
Como eu sou a consequência inevitável de você*

*Quanta gente existe por aí que fala tanto
E não diz nada ou quase nada
Já me utilizei de toda a escala
No final não sobrou nada não deu em nada*

*E voltei pra minha nota como eu volto pra você
Vou contar com a minha nota como eu gosto de você
E quem quer todas as notas ré, mi, fá, sol, lá, si, dó
Fica sempre sem nenhuma fica numa nota só*

Você conhece essa música?

Se não conhece procure ouvi-la e discuta em sala de aula se ela realmente foi composta com uma nota só.

Você acha possível compor uma música utilizando uma nota só?

Como vimos, diversas culturas no mundo se utilizam de diferentes escalas para compor suas músicas. Pesquise músicas que caracterizem diferentes culturas e analise as diferentes sonoridades. Abaixo seguem alguns exemplos, mas você, com certeza, poderá encontrar muitos mais.

Música Indiana

Música Chinesa

Música Africana

Música Escocesa

Música Espanhola

10

A cor do som

Você já ouviu uma mesma música sendo tocada por instrumentos musicais diferentes? Se as notas são as mesmas, por que o som ouvido é diferente?

37

10 A cor do som

Se considerarmos que o número de notas musicais é limitado, por que uma mesma nota tocada por um violão e por um piano soam diferentes?

Os sons ou notas que ouvimos não podem ser representados por ondas puras.

As ondas chamadas puras também são conhecidas como ondas senoidais, ou seja, graficamente podem ser representadas pela função matemática *seno*.

onda pura (senoidal)

É muito difícil encontrarmos na natureza um som que possa ser representado por uma pura (senoidal). Esse tipo de onda normalmente é obtido eletronicamente por sintetizadores eletrônicos.

Dependendo das características da fonte sonora, o som emitido corresponderá a um conjunto de ondas com diferentes frequências e amplitudes que somadas dão uma identidade particular a cada som.

Essa identidade, ou característica, que depende da forma com que o som é produzido é denominada timbre. O timbre é figurativamente chamado de cor do som.

Quando uma corda vibra, por exemplo, ela produz além da frequência (nota) fundamental várias outras frequências maiores que são múltiplas da frequência fundamental (harmônicos), porém com amplitudes (intensidades) menores.

A somatória desses harmônicos à frequência fundamental, produzirá um som com características bem particulares.

Podemos então dizer que todos os sons são formados por um conjunto de ondas puras com diferentes frequências e amplitudes que somadas determinam sua particularidade.

10 A cor do som

Se um som produzido por uma fonte qualquer for composto por uma superposição de ondas cujas frequências não são múltiplos inteiros de uma frequência fundamental, dizemos que se trata de um som não-harmônico, ou inarmônico, assim não teremos uma altura (nota) definida. Nesse caso esse som será classificado como ruído

A distribuição das amplitudes e fases que compõem um ruído é dada estatisticamente de forma aleatória, sendo assim, um ruído pode ser considerado como ruído gaussiano, ruído branco, ruído estocástico, etc.

Um exemplo muito comum de ruído é o ruído branco, que se caracteriza por conter todas as frequências, podendo ser comparado à luz branca que contém todas as cores. O som produzido por um aparelho de TV ligado em um canal fora de sintonia pode ser considerado um ruído branco.

Exemplo de uma onda que representa um ruído

Dê exemplos de ruídos que normalmente estão presentes na sua rotina diária. Quais são os que mais incomodam você?

Quando o ruído acompanha sons que desejamos ouvir, normalmente, ele se torna indesejável. O ruído pode provocar o efeito de mascaramento de um som (principal) quanto maior for sua intensidade em relação a esse som, fazendo com que a percepção do som principal seja diminuída. Quanto mais próximas forem as frequências do som principal e a do ruído, maior será o efeito de mascaramento provocado pelo ruído.

Existe uma norma regulamentadora (NR-15), da Portaria MTb n.º 3.214/1978, que estabelece os limites de exposição a ruído contínuo. Esses limites podem ser vistos na tabela a seguir (BRASIL, 2006):

Nível de ruído dB(A)	Máxima exposição diária permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 30 minutos
94	2 horas
95	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

10 A cor do som

Diferenciando sons

1. Peça a um aluno que cante dois segundos de qualquer melodia ou algumas poucas notas musicais (dó-ré-mi, já é o bastante). Imite-o imediatamente após com as mesmas alturas. Então, peça aos alunos para fechar os olhos e diga que um dos dois – você ou o aluno que cantou antes – irá cantar a melodia primeiro, e depois o outro repetirá. Combine com o aluno previamente quem cantará primeiro.
2. Depois de cantar, peça aos alunos para abrir os olhos e dizer quem cantou primeiro. Pergunte como eles conseguiram acertar.
3. Proponha uma pesquisa sobre timbres. Divida os alunos em grupos e designe uma família de instrumentos (cordas, sopro e percussão) para cada grupo pesquisar. Os instrumentos de corda podem ser divididos em cordas dedilhadas (como violão) e cordas friccionadas (como violino). Os instrumentos de sopro (tubos sonoros) podem ser dividido em tubos de madeira (como oboé) e tubos de metal (como sax). Os instrumentos de percussão podem ser divididos em instrumentos tocados com baquetas (como bateria) e tocados com as mãos (como atabaque). É interessante que cada grupo traga um exemplo sonoro dos instrumentos pesquisados (gravados ou ao vivo) possibilitando ouvir e diferenciar o timbre de cada um.

Vestibulares

(PUC-MG) Analise as afirmações a seguir.

- I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical.
 - II. Dois instrumentos iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém, com volumes (intensidades) diferentes.
 - III. Um mesmo instrumento é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes.
- Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitidos nas situações I, II e III respectivamente.
- a) Amplitude, comprimento de onda e frequência.
 - b) Frequência, comprimento de onda e amplitude.
 - c) Timbre, amplitude e frequência
 - d) Amplitude, timbre e frequência.

(UECE) Quando diferentes tipos de instrumentos musicais, como flauta, saxofone e piano, produzem a mesma nota musical, os sons resultantes diferem uns dos outros devido:

- a) às diferentes composições de harmônicos gerados por cada instrumento.
- b) às diferentes intensidades das ondas sonoras.
- c) às diferentes frequências sonoras produzidas.
- d) aos diferentes comprimentos de ondas fundamentais.

O Som e suas Músicas

Até agora vimos as diversas características do som e as suas diferentes possibilidades de produção, mas agora vamos falar de música. Como se faz uma música?

11 O Som e suas Músicas

Você já se emocionou ao ouvir uma música?

A música é capaz de modificar o comportamento momentâneo ou permanente de um indivíduo.

O que é a música?

O compositor expressa seus sentimentos e ideologias organizando diferentes sons que combinados podem dar origem a uma música.

Como vimos, esses sons podem ser produzidos de diversas maneiras e em diversas condições e essa diversidade sonora pode promover em nós uma diversidade de sentimentos e emoções.

Como se compõe uma música? Você já compôs alguma?

Quais são os elementos principais para a composição de uma música?

RITMO

Pode ser definido como uma sucessão de sons fortes e sons fracos (as vezes silêncio) mantendo-se entre eles intervalos regulares de tempo.

MELODIA

Pode ser definida como uma sequência de diferentes notas musicais pertencentes a uma escala musical tocadas em um ritmo definido.

HARMONIA

Pode ser definida como uma combinação de diferentes acordes (duas ou mais notas de uma escala tocadas simultaneamente) tocados em um ritmo definido.

Não podemos esquecer que a escolha dos instrumentos musicais (timbre) que serão utilizados é fundamental para que as intenções do compositor sejam plenamente atendidas.

11 O som e suas Músicas

musica.com

Nos dias de hoje a música que ouvimos é reproduzida por equipamentos eletrônicos como computador, *smatphones*, *mp3 players*, rádios, etc.

Como a música é "colocada" dentro desses equipamentos?

O que você imagina que deve ter acontecido ao som de uma música, desde quando ele foi produzido até que você possa ouvi-lo no rádio ou no seu *mp3 player*, por exemplo?

Áudio Analógico x Áudio Digital

O som produzido por uma fonte sonora, por exemplo, um instrumento musical, é caracterizado por uma série de pequenas variações de pressão provocadas no meio onde se propaga. Essas pequenas variações de pressão se propagam pelo meio, no caso o ar, na forma de ondas contínuas no tempo e no espaço. Portanto quando ouvimos o som produzido por um instrumento musical, recebemos essa informação na forma de ondas sonoras e chamamos este som de analógico.

Para que este tipo de som seja representado na forma digital, devemos converter seu comportamento analógico em uma série de valores discretos, ou seja, na forma números ou dígitos (daí o nome DIGITAL). Esses valores são amostras (*samples*) instantâneas captadas do som analógico.

Um som analógico quando convertido para digital sofre perdas em suas características iniciais, pois um som digital não consegue representar plenamente um som analógico, quanto maior o número de amostras tomadas por intervalo de tempo (taxa de amostragem), mais próximo ele será do som original (analógico).

Os arquivos de áudio digital podem ser armazenados em diferentes tipos de arquivos (extensões) como WAV, WMA, MP3, OGG e outras. Cada tipo de arquivo tem características próprias e necessita de um software específico para executá-lo ou modificá-lo.

wav x mp3

O WAV é o formato padrão para arquivos de áudio em computadores que utilizam a plataforma Windows. Neste formato, um minuto de música corresponde, em média, a um arquivo com tamanho de 10 MB (megabites) para uma gravação de 16 bits, estéreo com 44.100 Hz, o que é considerado um tamanho de grande para um arquivo, principalmente se a intenção é distribuí-lo via Internet.

No caso do MP3, um minuto de música corresponde, em média, a um arquivo de 1 MB, sem que haja grandes mudanças na qualidade final do som, quando comparado com o arquivo WAV. Essa diminuição no tamanho do arquivo é feita eliminando frequências presentes no arquivo original (na maioria dos casos WAV) que o ouvido humano não consegue perceber, assim o arquivo diminui de tamanho, mas a qualidade do som ouvida não sofre grandes variações, embora uma pessoa com uma audição mais apurada seja capaz de notar essas variações.

11 O Som e suas Músicas

Harmonia de vozes

Proponha um jogo da seguinte forma:

- Sugira a cada aluno que escolha um som vocal que possa sustentar. Com um sinal de régenda, faça com que todos produzam o seu som ao mesmo tempo e percebam o efeito. Certamente soará algo um tanto caótico, nada parecido com o que tradicionalmente é considerado música. Pergunte aos alunos se estes sons produzidos simultaneamente poderiam compor a trilha sonora de algum filme. De que cena poderia ser? E sendo esta uma trilha sonora poderia ser considerada música?
- Divida a turma em grupos de 4 a 6 alunos e peça para escolherem um som vocal que possam sustentar por algum tempo. Faça com que cada grupo ensaie o seu som e memorize a altura escolhida. Em seguida, peça que executem simultaneamente os seus sons e ouçam o efeito produzido. Mostre que para manter a continuidade do som, devem respirar quando necessário, de preferência, em momentos diferentes uns dos outros, retomando o som inicial a cada respiração. Pode-se 'desligar' um grupo, aumentar o volume, propor um ritmo, utilizando os sinais de régenda. Convide alunos de cada grupo para reger. O aluno-regente pode propor modificações nas alturas dos sons dos grupos de modo a obter diferentes resultados harmônicos.

<http://portaldoProfessor.mec.gov.br/fichaTecnica/Aula.html?aula=18933>

Entrando no Ritmo

Afastando as carteiras de sua sala cuidadosamente crie um espaço vazio pelo qual se possa caminhar. Tocando algum instrumento de percussão ou objeto da sala (mesa, por exemplo) ou com palmas, produza som (batida) e silêncio de modo regular. Este será o pulso. Os alunos devem caminhar pelo espaço seguindo o pulso com os passos. Aumente e diminua o tempo entre as batidas e veja o comportamento dos alunos.

Música e a Internet

A diminuição dos tamanhos dos arquivos de música com a manutenção da qualidade sonora fez com que o MP3 se popularizasse no mundo todo, causando uma grande revolução no mercado do entretenimento, deixando as grandes gravadoras muito preocupadas com o futuro da música e suas formas de distribuição. Por outro lado, a popularização do MP3 possibilitou uma facilidade de acesso por parte dos ouvintes a uma variedade de músicas jamais imaginada há alguns anos atrás, o que é muito interessante também para artistas independentes divulgarem seu trabalho sem necessidade de depender das grandes gravadoras para fazer essa distribuição, porém essa discussão ainda deve gerar muitas polêmicas durante os próximos anos.

Você tem costume de "baixar" músicas na internet? Como você faz isso? Você paga por esse serviço?

Você acha que os artistas deveriam disponibilizar suas músicas na internet ou você acha que eles deveriam continuar produzindo CDs para serem vendidos? Justifique sua posição.

Universidade de São Paulo

Instituto de Física

Elaboração

Luís Carlos de Menezes (Orientador)

Ricardo Chierecci (ricardo.chierecci@gmail.com)

Ilustrações

Bruno Maluf

Este trabalho é parte do projeto de mestrado de Ricardo Chierecci.

São Paulo – janeiro de 2013

ANEXO 2:

Questões propostas ao final do curso sobre Física do Som

Questão 1: O que é o som?

A1: São os barulhos que nós ouvimos no nosso dia-a-dia.

A2: É um ruído, uma vibração.

A3: Vibração feita pelo atrito com algo.

A4: São vibrações pelo atrito, ou sopro ou batida.

A5: O barulho, o que as cordas vocais e instrumentos produzem, entre outros. Há som em toda parte.

A6: Tudo o que podemos ouvir.

A7: Vibrações feitas por atrito em alguma coisa ou por uma batida.

A8: São ondas mecânicas que possuem timbre, frequência e amplitude.

A9: É uma onda cheia de frequências e nuances (nuanças).

A10: São vibrações feitas por atrito com alguma coisa ou sopro ou batida.

A11: Uma vibração feita pelo atrito com alguma coisa.

Questão 2: Escreva o nome de cinco instrumentos musicais que mais lhe agradam e explique o motivo de sua escolha. Classifique-os (corda, sopro ou percussão)

A1: Corda: violão, harpa, violino, banjo e bandolim.

Sopro: gaita, saxofone, flauta, gaita de fole e trompete.

Percussão: piano, bateria, triângulo, reco-reco e pandeiro.

A2: Guitarra (corda), baixo (corda), bateria (percussão), teclado (percussão). Por serem comuns nos meus estilos musicais favoritos.

A3: Guitarra (corda), violão (corda), bateria (percussão), piano (percussão). Porque gosto do som.

A4: Teclado, violão, flauta. O teclado por produzir vários sons. Violão porque o som agrada. Flauta por ter um som suave e relaxante.

A5: Bateria é um som forte, marcante que anima.

Violão é relaxante.

Piano é suave, o som é “macio”.

Guitarra é um som forte, tem energia.

Violino é um que relaxa.

A6: Corda: Guitarra, pois a “potencia” relacionada a suas notas (som) é algo que me atrai.

Sopro: Saxofone, pois diante da dificuldade de tocá-lo é interessante.

Percussão: teclado, pois ele como “base” em uma música é muito bonito.

A7: Guitarra – Porque o som me agrada.

Flauta – pelo som que produz.

Bateria – pelo som que me agrada.

A8: Guitarra (corda), violão (corda), piano (corda e percussão), banjo (corda) e violino (corda).

A9: Corda – violão / guitarra – versatilidade.

Sopro – gaita – sonoridade / timbre. Saxofone – sonoridade.

Percussão – Cajon – versatilidade.

A10: Guitarra, bateria, ukulele, violão – porque o som me agrada.

A11: Violão, guitarra (corda) – piano (percussão) – bateria (percussão)

Porque me agrada.

Questão 3: O que faz com que você goste mais ou menos de uma música?

A1: O ritmo e a melodia, mesmo que você não entenda nada o que a música fala, mas você acha legal.

A2: O modo como ela é tocada, se os músicos são bons e não tocam somente para vender e ganhar dinheiro.

A3: A melodia.

A4: Quando o som me emociona ou quando me sinto agradável.

A5: A melodia e o que diz a música, porém de cara é a melodia.

A6: A letra, o ritmo, melodia ...

A7: Pelo significado, melodia e seu ritmo.

A8: A melodia e o ritmo.

A9: O estilo, a letra e como a música foi escrita.

A10: O ritmo e o jeito que é tocada.

A11: A melodia.

Questão 4: Dentre os gêneros musicais discutidos durante o curso, qual(is) você gosta mais? E qual(is) você gosta menos?

A1: Mais gosto: Rock, clássico. Menos gosto: funk.

A2: Gosto mais: Metal, Rock, Jazz, Blues e música erudita. Gosto menos: funk brasileiro, samba, forró, pagode, pop, eletrônica, sertanejo, etc.

A3: Gosto: Rock, por causa dos e das batidas. Não gosto de axé.

A4: Gosto: eletrônica e pop. Não gosto de rock e sertanejo.

A5: Pop, rock e eletrônica são as que me agradam. Funk, pagode, axé, samba são as que não me agradam.

A6: Gosto mais de rock, pop, eletrônica. Não aprecio tanto funk, axé.

A7: Rock e pop rock.

A8: Gosto: Rock, rap, pop e eletrônica. Não gosto: Funk carioca, pagode e axé.

A9: Gosto: Blues. Não gosto: sertanejo.

A10: Rock (calmo ou não) e Pop rock.

A11: Gosto: Pop. Não gosto: axé.

Questão 5: Houve algum gênero musical discutido que você não conhecia? Qual?

Todos responderam não.

Questão 6: O que é um som grave e um som agudo? Qual a principal característica que define se um som é grave ou agudo?

A1: grave: som fraco. Agudo: som forte.

A2: O som grave é um som mais baixo e o agudo é um som mais alto. Timbre.

A3: Som grave a frequência é maior e o agudo é o contrário.

A4: Grave é quando o som é mais grosso, agudo é um som fino.

A5: Um som grave a amplitude baixa e o agudo é uma amplitude alta.

A6: Som grave: um som com uma frequência menor. Som agudo: um som com frequência maior.

A7: Som grave: é quando produz / emite um som mais grosso. Som agudo: é quando emite um som mais fino.

A8: Um som “grosso” e um som “fino”. Sua frequência.

A9: Um som grave é um som com pouca frequência e um som agudo é um som com muita frequência.

A10: Som grave é quando o som é mais “grosso” (a corda “mizão” do violão). Som agudo é um som “fino” (a corda “mizinho” do violão)

A11: Som grave a vibração e a frequência é maior e o agudo é o oposto.

Questão 7: Se fizermos vibrar livremente uma corda em um violão sabemos que ela emitirá um som característico. Se pressionarmos essa mesma corda contra o braço do violão de modo que o comprimento da parte vibrante fique menor, ouviremos um som diferente do anterior. O novo som será mais grave ou mais agudo que o anterior? Por que isso ocorre?

A1: Mais agudo, pois a pressão será maior.

A2: Mais agudo, porque a onda que a corda do violão faz é menor, fazendo com que o som saia mais agudo.

A3: Agudo porque ela vai diminuindo o tamanho da onda.

A4: Mais agudo porque vai diminuindo o tamanho da onda.

A5: Agudo porque você muda a amplitude.

A6: Mais grave, pois o comprimento em que a corda irá vibrar será menor.

A7: Mais agudo porque vai diminuindo o tamanho da onda.

A8: Mais agudo. Pois diminuiu o comprimento de propagação da onda, diminuindo a frequência.

A9: Mais agudo, porque diminuindo o tamanho da corda se aumenta a vibração da corda.

A10: Mais agudo, porque vai diminuindo o comprimento da onda e vai ficando mais fino.

A11: Agudo, porque vai diminuindo o tamanho da onda.

Questão 8: Ainda usando o violão como exemplo, podemos notar que cada corda tocada livremente produz um som diferente. O que faz com que cada corda emita um som diferente?

A1: Pois umas são grossas e outras são finas.

A2: As cordas mais finas emitem sons mais altos, ou seja, agudos; já as cordas mais grossas emitem um som mais grave.

A3: O tamanho da onda é diferente e emite vários sons.

A4: Se acorda é mais fina ou mais grossa.

A5: A grossura da corda, o tanto que está esticada.

A6: O corpo da corda (material, massa) ou até mesmo o jeito que é tocada.

A7: O tamanho da onda é diferente assim emitindo vários tons.

A8: A sua frequência.

A9: A frequência da nota.

A10: Porque a corda é mais fina ou mais grossa.

A11: O tamanho da onda é diferente e emite vários sons.

Questão 9: Você já notou que as paredes de uma sala de cinema são forradas? Você sabe por quê? Explique.

A1: Porque é para o som não se propagar para fora da sala.

A2: Para isolar o som, fazendo com que ninguém que está fora do cinema escute o som.

A3: Sim. É para o som não se expandir.

A4: Sim. Para o som não se expandir e para manter o som.

A5: Sim, para uma melhor percussão do som na sala.

A6: Para “abafar” o som. Evitando assim o som “refletir”.

A7: Para o som não passar da sala de cinema, ficar somente nela.

A8: Sim. Para haver uma absorção das ondas do som, para haver uma acústica melhor.

A9: Para absorver o som tirando a reverberação excessiva.

A10: Sim, para não passar o som para outras salas, para “prender” o som na parede.

A11: Sim, para “absorver” o som.

Questão 10: Você já ouviu o som emitido por uma guitarra quando ela não está conectada em um amplificador? Qual a diferença entre uma guitarra e um violão?

A1: A corda do violão por ser mais fina não emite a mesma sonoridade do violão, por causa da sua caixa, das cordas, etc.

A2: A guitarra é elétrica e o violão é acústico.

A3: O violão tem a caixa fazendo o som se propagar a guitarra não.

A4: Sim, porque no violão tem uma caixa onde o som se propaga.

A5: Sim, a guitarra quase não emite som se não conectada ao amplificador.

A6: Pois a guitarra não tem uma “caixa de ressonância”, já o violão como tem essa caixa, a vibração das cordas ao emitir o som são amplificadas.

A7: O violão tem uma caixa onde o som se propaga, já a guitarra precisa de um amplificador para sair o som.

A8: Sim; um violão é um instrumento acústico (não necessita de eletricidade para ser tocado), enquanto a guitarra é um instrumento elétrico (precisa de eletricidade para emitir seu som).

A9: O violão tendo uma caixa acústica onde as vibrações que emitem a nota são expandidas.

A10: A corda da guitarra é mais fina e de aço e o violão tem uma caixa onde o som se propaga.

A11: O som da guitarra é mais fino e o violão tem uma caixa para propagar o som.

Questão 11: Quais as principais causas da perda de audição? Como evitar?

A1: Ficar em ambientes muito barulhentos, ouvir músicas em fone muito alto. Evitar, tentando não ouvir tanto barulho.

A2: Escutar música muito alta, existem causas genéticas e o envelhecimento. Não escutar tão alto as músicas.

A3: Escutar música muito alta com fones de ouvido.

A4: Por escutar música por muito tempo. Evitar fones de ouvido e música alta. Mas não dá.

A5: Exposição a um som muito alto por período prolongado. Usando fones de ouvido com volume baixo, no caso de uma pessoa que faça show, que use protetor no ouvido.

A6: Ouvir barulhos (sons) muito alto por um tempo prolongado.

A7: Pela altura excessiva do som, no caso acima de 85 dB.

A8: O aparelho auditivo estar em exposição a um som de alta intensidade por muito tempo. Moderar o tempo e a intensidade do som que você ouve.

A9: Por causa da intensidade do som emitido. Podemos evitar uma possível perda de audição diminuindo esta intensidade.

A10: Porque excede o número de decibéis permitido.

A11: Escutar música muito alta com fone de ouvido. Não ouvir.

Questão 12: Um violão e um cavaquinho emitem sons diferentes apesar de terem características parecidas. O latido de um pastor alemão é diferente do latido de um poodle. Como o tamanho da fonte sonora interfere no som produzido por ela? Explique e dê outros exemplos.

A1: O do pastor alemão é mais grave e do poodle é mais agudo, pois a intensidade sonora é diferente.

A2: A onda que faz a corda do cavaquinho é menor que a do violão. O poodle possui cordas vocais menores que o pastor alemão. Ex: violino e violoncelo; contralto e soprano.

A3: Por causa do lugar de onde o som é emitido.

A4: Por causa do lugar de onde o som é emitido, se é maior ou menor.

A5: Pois no caso do violão o som das cordas soa na madeira dando um certo som e isso muda com o tamanho.

A6: Pois dependendo do tamanho no qual o som se amplificará a intensidade será maior ou menor. Como o bumbo de uma bateria e o bongo.

A7: Dá diferença se o comprimento da onda é maior ou menor, muda o som.

A8: A caixa acústica de cada um, seu tamanho e o material do qual se é feito entre outros fatores. Flauta doce e flauta transversal; saxofone e tuba.

A9: Por causa da frequência e a distância entre as ondas sonoras; um som num balde pequeno e o mesmo som num balde grande.

A10: Dá diferença sim. Se o comprimento da onda é maior ou menor, vai mudar o som.

A11: Por causa do lugar de onde o som é emitido, se maior ou menor.

Questão 13: Por que uma mesma nota tocada por uma flauta doce e por um saxofone soam diferentes aos nossos ouvidos? Qual característica do som é responsável por essa diferença?

A1: Porque a flauta é menor e o saxofone é maior, um é mais agudo e outro é mais grave. Ex.: buzina de ônibus com buzina de moto. A da moto é mais alta, por causa da sua intensidade sonora.

A2: Cada instrumento possui sua própria característica em cada nota. A flauta possui um som mais agudo e o saxofone mais grave. A altura do som.

A3: Por causa do lugar de onde o som é emitido.

A4: Por causa do lugar de onde o som é emitido, se é maior ou menor.

A5: Por causa do timbre que muda.

A6: Pois a frequência é diferente uma da outra.

A7:

A8: Por causa do seu timbre, por serem produzidos por materiais diferentes.

A9: Por causa da soma das nuances da frequência.

A10:

A11: Por causa do lugar de onde o som é emitido.

Questão 14: O que é música?

A1: É uma composição que o autor faz para expressar seus sentimentos.

A2: É uma mistura de sons, com vários instrumentos, voz.

A3: Música é o conjunto de harmonia, melodia, acordes e letra.

A4: É um conjunto de notas que formam uma melodia.

A5: Um conjunto de vocal e instrumentos que seja boa.

A6: Um som / ritmo em harmonia.

A7: Música é uma junção de acordes com melodias e harmonia.

A8: É a mistura de sons, mas especificamente, junção de ritmo, harmonia e melodia.

A9: é a junção entre ritmo, harmonia e melodia.

A10: Música é um conjunto de acordes e notas num ritmo ou harmonia.

A11: Música é um conjunto de melodia, harmonia, acordes e letra.

Questão 15: O que acontece com o som de uma música, desde quando ele foi produzido até que você possa ouvi-lo no rádio ou no seu *mp3* player, por exemplo?

A1: Provavelmente perde um pouco da qualidade original.

A2: Ouvimos através das ondas eletromagnéticas.

A3: Ele é gravado e passado para o computador.

A4: Ele foi gravado, passado para o PC, quando é passado para um mp3 são cortadas em pedaços e o som sai diferente.

A5: O cantor canta no microfone, o som se desfragmenta passa para o computador.

A6: Essa música é captada pelo microfone e depois já no computador é “fragmentada” em partes, logo é captada pelos diversos “programas”.

A7: As ondas são picotadas e transformadas para uma forma digital do som.

A8: Ao ser tocado, o som é gravado, por meio de um receptor, onde transforma os sons em pulsos elétricos que são divididos em varias partes e depois são juntados novamente.

A9: Foi captado e digitalizado.

A10: As ondas foram picotadas em cerca de 44 mil e cem pedaços por segundo e toca isso no mp3.

A11: Ela foi gravada, passada para o PC, quando é passada para o mp3 fica diferente.

Comentários pessoais dos alunos sobre o curso:

“O curso foi muito legal e aprendi coisas que não sabia. Além de ter tocado instrumentos legais.”

“Eu achei o curso muito interessante, pois aprendi coisas que não sabia e que quando for criar uma música já vou ter uma noção do que fazer.”

“Esse curso foi muito interessante pois mostrou a física por uma perspectiva diferente, mostrou de um jeito mais interativo e animado.”

“O curso foi muito interessante pois aprendemos algo mais “profundo” sobre um assunto no qual está presente no nosso dia-a-dia e algo que adoramos.”

“Eu gostei muito do curso, o professor fez várias explicações onde houve grande aprendizado de diversos assuntos, houve algumas experiências e foi bem dinâmico o curso, recomendo a todos.”

“O curso foi muito interessante, bem fundamentado, muitos exemplos práticos, dinâmicos; foi bastante útil para entender sobre um pouco de música e para entender alguns fenômenos do nosso cotidiano.”

“O curso foi muito eficiente para aumentar meu conhecimento técnico e físico sobre o assunto discutido, explicando melhor alguns assuntos que eu ainda tinha dúvida, além de muito dinâmico.”

“Eu gostei muito do curso, porque eu me interessei por música. O professor é muito bom, explica muito bem. O curso foi bem elaborado, bem dinâmico. Superou minhas expectativas. Parabéns!”

“O curso foi uma experiência diferente e divertida e aprendi várias coisas que não sabia.”

“Achei o curso muito produtivo, educativo e divertido. A formação da apostila é diferente, o que nos dá curiosidade para ficar até o final.”

ANEXO 3:

Lista de sites com exemplos usados durante a aplicação do
material para os alunos

Módulo 1:

Instrumentos de Percussão:

Percussão e bateria - <http://www.youtube.com/watch?v=XicI7NAloE8>
Afroreggae - <http://www.youtube.com/watch?v=9punfJEgg4Q>
Bateria Escola de samba - <http://www.youtube.com/watch?v=oE-NIjvzvPU>
Escola de samba - <http://www.youtube.com/watch?v=2lnPylc8ads>
Oswaldinho da Cuíca - <http://www.youtube.com/watch?v=t9xIRJblfmk>
Baterista de rua - <http://www.youtube.com/watch?v=zIZT5jpYEPg>

Instrumentos de Corda:

Violão de 11 cordas - http://www.youtube.com/watch?v=_nEnERur6kc
Solo de guitarra - <http://www.youtube.com/watch?v=o5Ht6WIhbmU>
Harpa - <http://www.youtube.com/watch?v=5TgrbQVgG4o>
Cavaquinho - http://www.youtube.com/watch?v=MKaJn_MmTps
Violino - <http://www.youtube.com/watch?v=5Xmg0uVsPpk>
Violoncelo - <http://www.youtube.com/watch?v=bNLswbcqbF4>
Banjo - <http://www.youtube.com/watch?v=icWkyedURkM>
Ukulele - <http://www.youtube.com/watch?v=g6zx1o0-Ylc>

Instrumentos de Sopro:

Altamiro Carrilho - <http://www.youtube.com/watch?v=lo9DCvCb8aU>
Miles Davis (Trompete) - <http://www.youtube.com/watch?v=YclDI7dhxHQ>
Sax - <http://www.youtube.com/watch?v=ekvYqGMUGtE>
Tuba - <http://www.youtube.com/watch?v=fYOsNp4O7AU>
Pífano - <http://www.youtube.com/watch?v=oYF-dKrkzTY>
Órgão de tubos - <http://www.youtube.com/watch?v=rH2MiVYdmpw>

Módulo 3:

Contralto - <http://www.youtube.com/watch?v=VMb1jKzDGVs>
Tenores - <http://www.youtube.com/watch?v=ETz8P1KIFOM>
Barítono - <http://www.youtube.com/watch?v=ldlqDFWaobQ>
Baixo - http://www.youtube.com/watch?v=f_STeM79_Yw

ANEXO 4:

CD com exemplos de músicas e sons