

FÍSICA E MÚSICA: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR

Physics and music: an interdisciplinary approach

João Carlos Leal Cavalcante¹
Fabrício Ribeiro Bueno²
Cristiano Aparecido da Costa³
Ronni Geraldo Gomes de Amorim⁴

Resumo: Este trabalho apresenta, com detalhes, o desenvolvimento de uma atividade interdisciplinar que envolve arte e ciência. Essa atividade é resultado de um projeto de iniciação científica. O projeto tenta desmitificar a percepção de desconexão entre a física e a música, aproximando a ciência ao cotidiano dos estudantes e, dessa forma, aprimorando o processo ensino-aprendizagem. As atividades pertinentes à execução do projeto foram coordenadas por professores de Física e de Música, os quais tiveram a colaboração de docentes de outras áreas. O percurso metodológico foi ancorado em pesquisa bibliográfica e de campo, culminando com a construção de um instigante instrumento musical a partir de canos de PVC e outros materiais de baixo custo. Denominamos esse instrumento de “Tubofone”, o qual constitui o patrimônio da instituição e pode ser utilizado em exposições e divulgações de âmbito didático-científico e na prática da educação musical. O tubofone já foi utilizado em diversas apresentações, em particular, o projeto foi demonstrado no festival de cultura do município de Luziânia.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade. Física. Música.

Abstract: This paper shows with details the development of an interdisciplinary activity which involves art and science. This activity is originated from a scientific initiation project. The project tries to demystify the perception of disconnection between physics and music, nearing the science to everyday of students. The activities of project were organized by teachers of physic and music. The methodological path was based in bibliographic and experimental research resulting to the construction of an exciting musical instrument from PVC pipes, and the others low cost materials. We denominated this instrument as “Tubofone”, which constitutes the heritage of the institution and can be used in expositions and divulgation in the didactic and scientific scope and in the musical education practice. The tubofone was utilized in several presentations, as one example, the project was demonstrated at culture meeting of Luziânia.

Keywords: Interdisciplinary. Physics. Music.

¹ Estudante do Curso Técnico em Informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Luziânia. E-mail: joaoleal4@hotmail.com

² Professor de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Luziânia. E-mail: eng.frb@gmail.com

³ Professor de Música do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Luziânia. E-mail: cristianotrp@hotmail.com

⁴ Professor de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Luziânia. E-mail: ronniamorim@gmail.com

INTRODUÇÃO

Qual é a relação entre a Física e a Música? Certamente, muitos de nós já nos fizemos essa pergunta e na maioria das vezes ficamos sem resposta. Por incrível que pareça, essas duas áreas possuem bastante relação, sendo imprescindível a um bom músico possuir conhecimentos apurados acerca de física e matemática. Na verdade, originalmente, a música era uma disciplina que fazia parte da estrutura curricular das universidades até o século XVIII, juntamente com a geometria, a astronomia e a aritmética, constituindo o *quadrivium* (ROCHA, 2002).

A recíproca também é verdadeira, no sentido que é recomendável que um cientista tenha envolvimento com a arte, na perspectiva de potencializar as suas pesquisas. Nesse escopo, o neurocientista Jonah Lehrer sugere a introdução de um novo paradigma (LEHRER, 2008), em que os cientistas e artistas trabalhem juntos, de forma que o trabalho de arte leve a novos experimentos científicos, que levam a novos trabalhos de artes, e assim por diante. Devemos recordar que até o início do século XVII, as artes eram consideradas como ciências de representação da natureza e interligadas às outras esferas científicas (ROCHA, 2002).

Como exemplo da confluência entre ciência e arte, podemos citar a admiração do físico Niels Bohr pelo cubismo, em que o ganhador do prêmio Nobel em física aponta que o mundo invisível do elétron é essencialmente um mundo cubista. Arte e Ciência devem ser vistas como áreas complementares (KRUMMENAUER, 2009). Porém, ocorre que, popularmente, a música é escutada apenas como passatempo ou divertimento, não se mencionando que a música é em si objeto de intensa investigação científica, tal como era apresentada no passado (BARBOSA-LIMA, 2007).

Também percebemos que a Física é apontada pelos estudantes como uma das disciplinas mais desinteressantes (HAZEN, 2006), pelo fato de que em grande parte das escolas, direcionadas pela desconexão dos currículos das disciplinas tradicionais (FAZENDA, 1994), o ensino dessa disciplina perdeu o seu caráter lúdico e experimental. Nesse sentido, é oportuna a elaboração de projetos interdisciplinares que levem aos alunos conhecimentos físicos “escondidos” por trás de assuntos que são de interesse dos estudantes ou que façam parte do cotidiano deles (ROEDERER, 2002; ROSSING, 1990).

A realização de atividades interdisciplinares que relacionem temas supostamente considerados desconexos podem levar os estudantes a observarem os conteúdos das diversas disciplinas de uma forma diferente, analisando as suas convergências e estabelecendo ligações entre os saberes e, dessa forma, potencializando o aprendizado realmente significativo (FAZENDA, 1994; POMBO, 2004). Segundo Fazenda (1994, p.158) “A interdisciplinaridade propõe a capacidade de dialogar com as diversas ciências, fazendo entender o saber como um e não em partes, ou fragmentações”. Assim, vemos que o binômio Física-Música é bastante relevante no sentido de poder explorar conceitos importantes de física mediante o estudo da música (HINRICHSEN, 2012).

Mas, para a Física, o que é a Música? Bem, a resposta a essa pergunta deve ser mais bem elaborada (RESNICK, 2003). Todos os sons que ouvimos são produzidos por vibrações que excitam as moléculas de ar à sua volta, as quais transmitem essa excitação a outras, e assim sucessivamente, até que esta movimentação em forma de ondas chega ao nosso ouvido. Ao serem captadas pelo ouvido, as ondas de vibração são levadas ao sistema nervoso central, onde são processadas e aí as percebemos como sons. Quando algum objeto vibra de forma completamente desordenada, dizemos que o som produzido por essa vibração é um ruído, como por exemplo o barulho de uma explosão. Quando um objeto vibra de forma ordenada e constante, produzindo uma onda mais pura, dizemos que esse som é uma nota. As notas musicais possuem poucas frequências, o que nos permite uma análise detalhada destes sons (HÜMMELGEN, 1996). E, assim, um conjunto de notas musicais agrupadas são chamadas de gama e um conjunto dessas gamas se constitui numa escala musical. E então, de uma forma extremamente sucinta, isso é a Música (GOTO, 2009). Poderíamos escrever muitos livros que relacionassem a física e a música e analisar muitas propriedades das ondas sonoras, mas fica a cargo do leitor estabelecer as suas prioridades e efetuar a sua própria pesquisa.

Agora, explicaremos o que, de fato, é o tubofone (UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2011). O tubofone é um instrumento musical com duas oitavas cromáticas afinado em Sol (G), feito com tubos de 100 mm de PVC. O instrumento é executado através da percussão na boca do tubo. Os tubos abertos, como esses do tubofone, são capazes de ressoar em algumas frequências bem definidas que dependem do seu comprimento. O estudo de tubos sonoros, uma das atividades de um ramo da física chamado acústica, permite saber qual deve ser o comprimento e o diâmetro exato do tubo para que ele ressoe em frequências da escala musical e isso permite construir instrumentos musicais bastante razoáveis, musicalmente falando. Cabe lembrar que o tubofone apresentado neste trabalho não é nenhuma novidade, no sentido que este objeto já é utilizado em feiras de ciências e museus. Como um exemplo de utilização do tubofone, podemos citar a Experimentoteca do Instituto de Física da Universidade de Brasília.

Nessa perspectiva, este artigo traz o relato de um projeto de iniciação científica no qual os estudantes-pesquisadores estudaram temas relacionados a acústica, ondulatória e teoria musical. E, como produto da pesquisa, construíram o tubofone. Este instrumento tem despertado o interesse de outros estudantes para o estudo de ciências, especificamente para o estudo de Física. Além disso, o tubofone tem sido atração em eventos culturais locais e atraído a visita de estudantes de outros estabelecimentos de ensino. Isso mostra que a experimentação de fato estimula a participação efetiva do estudante no processo ensino-aprendizagem, permitindo a percepção de que a ciência está presente em seu dia-a-dia, e assim, está ao alcance de todos. Segundo Oliveira et al (2010), desenvolver atividades experimentais, com a colaboração do aluno, poderá abrir novos espaços para um ensino de cooperação e a participação direta na aprendizagem, construindo, assim, um processo que busca legitimar um conhecimento científico inovador que irá valorizar a colaboração efetiva do alunado.

Sendo assim, o presente trabalho será apresentado na seguinte sequência: na segunda seção apresentaremos os materiais e a metodologia utilizada; na terceira seção mostraremos os nossos resultados, analisando-os; na quarta seção faremos as nossas considerações finais; e na quinta seção apresentaremos as nossas referências.

MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme foi citado na introdução, o tubofone consiste em um instrumento musical construído a partir de canos de PVC e outros materiais de baixo custo financeiro. Para esse fim, serão necessários os seguintes materiais:

- Canos de PVC;
- Conexões para canos de PVC;
- Cola para canos de PVC;
- Tinta acrílica para a pintura do instrumento;
- Armação de MDF para suportar o instrumento.

No primeiro momento da pesquisa, realizamos uma revisão bibliográfica, na qual estudamos conteúdos relacionados às áreas de acústica e música. Nesses estudos sobre acústica, vimos tanto a parte relacionada às ondas sonoras, como também tópicos referentes ao processo biológico da audição. A revisão bibliográfica iniciou-se mediante uma pesquisa sobre conteúdos relacionados à ondulatória. Destaca-se o fato que os estudantes envolvidos no projeto ainda não tinham visto conteúdos sobre ondas. Em seguida, os estudantes pesquisaram sobre os conteúdos de acústica, destacando os temas cordas vibrantes e tubos sonoros. Com tais pesquisas, os estudantes puderam visualizar os padrões das ondas estacionárias produzidas tanto numa corda, como nos tubos sonoros (fechados e abertos), e assim, puderam também comparar as equações que descrevem as frequências das ondas com o comprimento do tubo ou da corda. Na sequência, os estudantes apresentaram seminários sobre tais temas para toda a equipe envolvida no projeto, sendo que, durante a apresentação dos seminários, as possíveis dúvidas eram elucidadas. A bibliografia utilizada nessas pesquisas foram Resnick (2003), Sears (1984) e Tipler (1995). Em resumo, nesta etapa enfatizamos a forma com que as frequências das notas musicais dependem das características do instrumento em questão.

Concomitante à revisão bibliográfica, os estudantes envolvidos no projeto foram iniciados em música pela prática da flauta doce, que é um instrumento de fácil manuseio, no qual os processos de respiração controlada, dedilhado e produção sonora podem ser facilmente verificados. A flauta doce é um instrumento didático fácil de iniciar os jovens na prática musical. Quando esses alunos foram para o tubofone já sabiam das relações intervalares, escalas, o que facilitou a abordagem no novo instrumento e conseqüentemente o estudo da sua produção sonora e execução musical. Nesses estudos os alunos associavam a prática com a teoria musical básica para compreensão da leitura musical. As aulas foram organizadas e ministradas pelo professor de música.

Em seguida, partimos para a construção do instrumento musical. Nessa fase, calculamos o comprimento que deve ter cada tubo relativo a determinada

frequência. Na sequência, cortamos os canos e montamos o instrumento, partindo então para a fase de pintura. Nesta fase, pintamos os canos relativos aos sustenidos (às notas alteradas) de preto e as notas naturais de branco. O objetivo da utilização dessas cores era estabelecer uma comparação com instrumentos mais populares como o teclado e o piano. Quando a fase de pintura foi encerrada, construímos um suporte de MDF para colocar o instrumento.

Com a construção do tubofone concluída, os alunos puderam experimentar o instrumento, percebendo na prática e na improvisação o resultado de sua pesquisa. Tendo cumprido a experimentação do instrumento, foi relativamente fácil a apresentação de um repertório simples executável no tubofone. O repertório foi elaborado pelo professor de música usando melodias tradicionais. Posteriormente, houve uma apresentação pública.

Resultados

Conforme enunciamos na seção anterior, no decorrer da pesquisa realizamos uma revisão bibliográfica sobre acústica. Estudamos sobre as características e as propriedades das ondas sonoras, sendo enfatizados os padrões de propagação do som em tubos sonoros, o que constitui um resultado fundamental para o nosso trabalho. Nesse contexto, o som que escutamos quando batemos, com raquetes de tênis de mesa, em uma das extremidades do cano é provocado pelas vibrações das colunas de ar no interior do tubo. Essas vibrações podem ser estudadas como ondas estacionárias resultantes da interferência do som enviado numa extremidade com o som refletido na outra. Em uma extremidade aberta o som reflete-se em fase, formando um ventre (ou antinó) e constituindo o que chamamos de interferência construtiva, como vemos na figura 1. A condição para que uma onda estacionária seja gerada em um tubo aberto de comprimento L é $L = n \frac{\lambda}{2}$, onde $(n = 1, 2, 3, \dots)$ e λ é o comprimento de onda do som nos tubos. Essa relação matemática pode se expressa em um formato mais interessante para os nossos propósitos como

$$f_n = \frac{nv}{2L}, \quad (\text{equação 1})$$

onde f_n é a frequência e v é a velocidade do som. Observando a equação acima, percebemos que se variarmos o comprimento do tubo, variamos também a frequência da onda sonora.

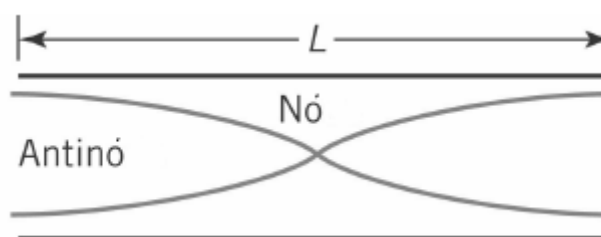


Figura 1: Ondas estacionárias em um tubo aberto nas duas extremidades.

A equação 1 é considerada fundamental neste trabalho, pois a partir dela calculamos os comprimentos que cada tubo deveria ter afim de percutir determinada nota musical. Porém, com a finalidade do instrumento ter a afinação adequada, incluímos um fator responsável por essa exigência. Dessa forma, a equação utilizada para o cálculo dos comprimentos dos tubos pode ser escrita como:

$$L = \frac{v}{2f} - 0,06, \quad (\text{equação 2})$$

onde $v = 343 \frac{m}{s}$ corresponde à velocidade do som no ar e a parcela 0,06 é o fator necessário para a afinação do instrumento, correspondente a 60% do diâmetro do tubo utilizado. Embora a velocidade do som no ar dependa de outras grandezas físicas como a densidade do ar e a temperatura, admitimos o valor constante de 343 m/s, de forma que tal escolha não comprometa o desempenho do instrumento musical. A escolha para $n=1$ na equação 1 é devido à afinação do instrumento, que para tubos com os comprimentos dados neste trabalho se mostra mais apropriado. Este último fato foi detectado mediante testes.

Nesse processo, realizamos os cálculos para os comprimentos dos tubos referentes a duas oitavas musicais. Os valores das frequências utilizadas e os respectivos comprimentos dos tubos seguem destacados na tabela 1.

Tabela 1: Frequências das notas musicais e comprimentos dos tubos sonoros.

Nota Musical	Frequência (Hz)	Comprimento do Tubo (m)
Dó3	65,40639	2,56
Dó#3	69,29566	2,41
Ré3	73,41619	2,28
Ré#3	77,78175	2,14
Mi3	82,40689	2,02
Fá3	87,30706	1,90
Fá#3	92,49861	1,79
Sol3	97,99886	1,69
Sol#3	103,8262	1,59
Lá3	110	1,50
Lá#3	116,5409	1,41
Si3	123,4708	1,33
Dó4	130,8128	1,25
Dó#4	138,5913	1,18
Ré4	146,8234	1,11
Ré#4	155,5635	1,04
Mi4	164,8138	0,98
Fá4	174,6141	0,92
Fá#4	184,9972	0,87
Sol4	195,9977	0,82
Sol#4	207,6523	0,77
Lá4	220	0,72
Lá#4	233,0819	0,68
Si4	246,9417	0,62

No decorrer do cálculo dos comprimentos dos tubos, os estudantes tiveram bastante contato com as frequências das notas musicais. Este contato mais próximo, associado às aulas de música, possibilitou que os estudantes percebessem a relação entre as frequências de notas consecutivas no espectro sonoro. Eles puderam notar que sempre que dividimos a frequência de uma nota pela frequência da nota imediatamente anterior, obtemos a constante 1,059463 como resultado. Por exemplo, se a frequência da nota Dó de uma dada oitava é 524 Hz, então a frequência da nota Dó# desta mesma oitava é 550 Hz ($1,059463 \times 524$ Hz). E ainda, se temos a frequência de uma determinada nota numa dada oitava e queremos encontrar a frequência dessa mesma nota numa oitava imediatamente posterior, basta multiplicarmos por 2. Por exemplo, a frequência do Lá fundamental é 440 Hz, assim, a frequência do Lá seguinte (uma oitava acima) é 880 Hz (2×440 Hz). Ou seja, as frequências das notas musicais constituem uma progressão geométrica de razão igual a 1,059463, conhecida como escala temperada de Bach (NUSSENZVEIG, 1997). Como numa determinada oitava temos 12 notas, incluindo as notas naturais e seus respectivos sustenidos, procurar a frequência de uma determinada nota numa oitava imediatamente posterior consiste em multiplicar essa frequência por $(1,059463)^{12}$. Com isso, os estudantes evidenciaram na prática a relação entre música e matemática e demonstraram bastante entusiasmo com tal descoberta. Assim, podemos dizer que o tubofone além de servir como um recurso didático útil ao ensino de física e música, pode auxiliar também no processo ensino-aprendizagem de matemática.

Algumas fotografias foram tiradas durante o processo de corte dos canos, como também da pintura dos mesmos (Figuras 2 e 3).



Figura 2: Construção do Instrumento (Corte dos Canos)



Figura 3: Pintura dos Canos



Figura 4: Apresentação da música "Menina toma essa uva".

Nas figuras 4 e 5, destacamos os estudantes tocando as músicas “Menina toma essa uva” e “Frère Jacques”. A música “Frère Jacques” é uma canção de ninar de origem francesa, que foi composta por Anne-Marie Besse. Já a música “Menina toma essa uva” pertence ao folclore do estado de Goiás.



Figura 5: Apresentação da Música "Frère Jaques"



Figura 6: Apresentação do Instrumento

A figura 6 traz uma fotografia da apresentação do Tubofone no campus de Luziânia do Instituto Federal de Goiás. Nesse dia ocorreu a culminância do projeto e a apresentação foi destinada aos estudantes, docentes e servidores do campus. Nesta apresentação, os professores envolvidos fizeram uma exposição das etapas desenvolvidas, discutiram com o público os resultados e os alunos interpretaram as músicas preparadas no tubofone.

Considerações finais

Este trabalho apresentou uma experiência interdisciplinar envolvendo física e música. Foi demonstrada, mediante a execução do projeto, a íntima ligação existente entre a física e a arte. A parte mais gratificante do projeto ocorreu no dia da apresentação, quando os expectadores demonstraram muita empolgação ao notarem aqueles canos usados em sistemas de esgotos ressoarem agradáveis melodias. A apresentação recebeu a cobertura da imprensa local, sendo que a reportagem foi colocada no jornal da TV Rio Vermelho. Devido ao sucesso que o instrumento fez, a equipe envolvida no projeto apresentou o tubofone, mediante convite, no festival de cultura de Luziânia. O instrumento encontra-se disponível no pátio central do campus de Luziânia do Instituto Federal de Goiás, podendo ser utilizado em aulas, apresentações culturais, e até mesmo como um meio de os visitantes interagirem com a instituição. Esperamos que esse projeto incentive o desenvolvimento de outras atividades interdisciplinares que envolvam ciência e arte, pois dessa forma, além de contribuir no processo ensino-aprendizagem e desmitificar o ensino de acústica, os estudantes notarão a relação que há entre as diferentes áreas do conhecimento.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq pelo suporte financeiro. Também agradecemos ao diretor do campus de Luziânia do IFG pelo incentivo pedagógico e financeiro. Agradecemos aos árbitros da Revista Areté pelas sugestões que possibilitaram a melhoria deste trabalho.

Referências

- BARBOSA-LIMA, M.C., QUEIROZ, G., SANTIAGO, R. Ciência e Arte: Vermeer, Huygens e Leewehoek. **Física na Escola**. v. 8. n.2. 2007.
- FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: História, teoria e pesquisa**. 13. ed. Campinas: Papyrus Editora, 1994.
- GOTO, M. Física e Música em Consonância. **Rev. Bras. Ens. Fis.** v.31. n.2. p. 2307.1-2307.8. 2009.
- HAZEN, R. M. **Física Viva**. v. 2, Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- HINRICHSEN, H. Entropy-based tuning of musical instruments. **Rev. Bras. Ens. Fis.** v. 34. n. 2, p. 2301, 2012.
- HÜMMELGEN, I. A. O clarinete – uma introdução à análise Física do instrumento. **Cad. Cat. Ens. Fis.** v.13. n.2. p.139-153, 1996.

KRUMMENAUER, W. L., et al. O uso de instrumentos musicais como ferramenta motivadora para o ensino de acústica no ensino médio. **Física na Escola**. v.10. n.2, 2009.

LEHRER, J. **The future of science... is art?** Disponível em: <Seedmagazine.com>. Acesso em: 16 jan.2008.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**. 3. ed. Edgard Blücher. São Paulo. 1997.

OLIVEIRA, I. M.; FERREIRA, L. G. S.; Santos, E. C; Ensino de Ciências: Uma Proposta para Utilizar Experimentação no Ensino Fundamental. **Revista Arete**. Manaus, v. 3, nº 5, 2010.

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

RESNICK, R., HALLIDAY, D.; KRANE, K. S. **Física 2**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

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

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

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

SEARS, F., ZEMANSKY, M.W., YOUNG, HD. **Física**. v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 1984.

TIPLER, P. A., **Física Para Cientistas e Engenheiros**. v. 3. Rio de Janeiro: LTC, 1995.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Instituto de Física. Experimentoteca. Disponível em: <www.fis.unb.br>. Acesso em: 12 ago. 2011.