



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
FÍSICA-LICENCIATURA

CÍCERO ALAN DE FREITAS

FÍSICA E ARTE: PROPOSTA INTERDISCIPLINAR NO ENSINO MÉDIO

Caruaru

2017

CÍCERO ALAN DE FREITAS

FÍSICA E ARTE: PROPOSTA INTERDISCIPLINAR NO ENSINO MÉDIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Pernambuco – Curso de Física-Licenciatura – como uma das atividades avaliativas da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.

Orientador: Ernesto Arcenio Valdes Rodriguez.

Caruaru

2017

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Marcela Porfírio CRB/4 - 1878

F866f Freitas, Cícero Alan de.
Física e arte : proposta interdisciplinar no ensino médio. / Cícero Alan de Freitas. –
2017.
55f. ; il. : 30 cm.

Orientador: Ernesto Arcenio Valdes Rodriguez.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de
Pernambuco, CAA, Licenciatura em Física, 2017.
Inclui Referências.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Arte na educação. 3. Música na educação.
4. Abordagem interdisciplinar do conhecimento na educação. I. Rodriguez, Ernesto
Arcenio Valdes (Orientador). II. Título.

371.12 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2017-392)

CÍCERO ALAN DE FREITAS

**FÍSICA E ARTE: PROPOSTA INTERDISCIPLINAR NO ENSINO
MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de FÍSICA-
LICENCIATURA do Centro Acadêmico do
Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco para a obtenção do
grau/título de licenciado em FÍSICA.

Aprovado em: 19 / 12 / 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Ernesto Arcenio Valdes Rodriguez (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Edelweis José Tavares Barbosa (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico a Deus todo poderoso, o responsável por todas as minhas vitórias e conquistas, o criador de toda natureza.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e familiares por todo apoio que me prestaram durante todo o curso, a minha noiva Jennifer Tayne por ter tido paciência e me incentivar sempre, fortalecendo o meu empenho e dedicação.

Obrigado aos colegas do PIBID que foram parceiros durante alguns anos, também aos amigos da Universidade e ao meu orientador Prof. Ernesto Valdes que sempre esteve disponível para me dar suportes e orientações.

Sou grato à Universidade Federal de Pernambuco, por ter me acolhido e ensinado valores e aprendizagens que levarei para o resto da vida, e a todo corpo docente. Por fim, obrigado aos que me auxiliaram nessa trajetória de estudo e superação.

RESUMO

A Física é uma extraordinária área da Ciência que estuda os fenômenos da natureza. Quando associada a outras áreas do saber, proporciona ainda mais conhecimentos favoráveis às pessoas. Por meio da metodologia interdisciplinar entre Física e Arte, podemos contribuir para a aprendizagem de estudantes e desconstruir a ideia que Física é uma matéria chata que só utiliza cálculos complexos e assuntos desconexos da realidade. Neste trabalho, aplicamos duas aulas que relacionou os ensinamentos de Física e Música, em uma escola do interior de Pernambuco. A metodologia do trabalho se dividiu em diversas partes como: aplicação de questionários, explanação de assuntos e apresentação de experimento didático. Assim, nosso objetivo foi relatar a importância de se estudar Física para melhor compreender a natureza, para isso usamos a associação entre disciplinas, destacando as possibilidades de aprendizagem em tais áreas para facilitar a aquisição de conhecimentos. Durante a aplicação do trabalho, sentimos um grande envolvimento e entusiasmo dos estudantes, em relação ao estudo da Música associado com a Física, pois trouxemos fatos da atualidade para a sala de aula, sobre tudo na apresentação do aparato experimental. Já nas respostas dos questionários, percebemos um ganho de conhecimento científico, porque os alunos demonstraram, em seus relatos, respostas significativas com maior rigor científico. Portanto, por meio de aulas com essa metodologia, o ensino e aprendizagem ganha destaque, desse modo há uma contribuição na formação de cidadãos que se preocupam com o bem estar social, através de um mundo mais saudável, seguro e com mais conhecimentos sobre a natureza.

PALAVRAS CHAVE: Ensino de Física e Arte. Interdisciplinaridade. Música e Ondas Sonoras.

ABSTRACT

Physics is an extraordinary area of science that studies the phenomena of nature. When associated with other areas of knowledge, it provides even more favorable knowledge to people. Through the interdisciplinary methodology between Physics and Art, we can contribute to student learning and disrupt the idea that Physics is a flat matter that only uses complex calculations and disconnected subjects of reality. In this work, we apply two classes that related the teachings of Physics and Music, in a school of the interior of Pernambuco. The methodology of the work was divided in several parts as: application of questionnaires, explanation of subjects and presentation of didactic experiment. Thus, our objective was to report the importance of studying Physics in order to better understand nature. For this we use the association between disciplines, highlighting the possibilities of learning in such areas to facilitate the acquisition of knowledge. During the application of the work, we felt a great enthusiasm and involvement of the students, in relation to the study of Music associated with Physics, because we brought facts of the present time to the classroom, especially in the presentation of the experimental apparatus. Already in the answers of the questionnaires, we perceived a gain of scientific knowledge, because the students demonstrated, in their reports, significant answers with greater scientific rigor. Therefore, through classes with this methodology, teaching and learning gains prominence, so there is a contribution in the formation of citizens who care about social well-being, through a healthier, safer and more knowledgeable world about nature.

Keywords: Teaching Physics and Art. Interdisciplinarity. Music and Soundwaves.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 Discutindo o que diz a interdisciplinaridade e áreas afins	14
2.2 Ensino de arte e ciência.....	18
2.3 Ondas estacionárias, o que são isso?	21
2.4 Ressonância, o que é isso?	25
2.5 Experimento de onda estacionária com violão	26
3 METODOLOGIA.....	27
3.1 Planejamento das aulas	27
3.2 Traços interdisciplinares entre física e música.....	29
3.3 Relato da aula interdisciplinar.....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1 Análise e discussão dos resultados	37
5 CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICES	52
APÊNDICE A - PRIMEIRO TESTE	52
APÊNDICE B - SEGUNDO TESTE	54

1 INTRODUÇÃO

A Física é uma extraordinária área da Ciência que estuda os fenômenos da natureza, ou seja, os acontecimentos naturais que ocorrem no universo. A evolução do seu estudo está ligada a contribuição de várias pessoas que se empenharam para ajudar a humanidade a ter uma vida mais saudável e com mais informações sobre o mundo. Na antiguidade, muitos desses estudiosos eram vistos como filósofos e artistas. Antes da formulação do método científico, muitos cientistas eram impulsionados por ideias mitológicas, intuitivas, emocionais e enigmáticas (REF). Assim, muitas vezes, não havia uma definição clara entre o que era ser cientista ou artista, pois desde sempre o conhecimento científico esteve vinculado a algumas expressões artísticas, como: pintura, música, arquitetura, artesanato, poesia e outras.

De acordo com Willians (REF), até o século XVIII:

[...] a maioria das ciências eram artes; a distinção moderna entre ciência e arte, como áreas opostas de habilidade e de esforço humanos, com métodos e finalidades fundamentalmente diferentes, remonta a meados do século XIX, embora os próprios termos se tenham contraposto muito antes, no sentido de 'teoria' e 'prática'. (WILLIANS, 2007, p. 60).

Com o passar dos tempos, a Ciência, especificamente a Física, foi se potencializando junto com o pensamento científico mais sistemático e rigoroso. Em vista disso, o conhecimento científico foi tomando espaço e os cientistas foram cada vez mais se especializando em determinadas áreas, deixando para trás os pensamentos sem comprovações científicas, dando mais ênfase às ideias racionais e empíricas. Foi então que a evolução tecnológica ganhou destaque para a manutenção da economia e forma de vida das pessoas, pois o setor industrial, que deu mais importância ao conhecimento científico, estava cada vez mais interessado em lucros capitais. Conseqüentemente, houve uma separação significativa da Ciência com a Filosofia e a Arte, enquanto áreas da produção intelectual humana, ficando essas mais fragmentadas. Antes elas eram vistas de modo associativo, então passaram a ser vistas como áreas específicas e cada uma seguiu seu ramo de estudo determinado.

No decorrer da história, muitos estudiosos começaram a denominar a Arte como um campo da subjetividade, algo que depende das emoções, sensações,

sentimentos e forma de ver o mundo de cada artista. Enquanto que a Ciência, a Física em especial, é vista como um estudo que visa à objetividade, por meio de observações, questionamentos, experimentos, análises de dados, conclusões e comprovações teóricas. Mas por outro lado, o que se tem observado é que as ciências e as artes sempre caminharam juntas na produção intelectual humana, convergindo para a melhoria da qualidade de vida da humanidade e explicando o mundo, cada uma com a sua linguagem, o seu modo de expressão. Arte e Ciência se fundem na tecnologia, desde a produção de uma tela de artista até a fabricação de um aparelho digital. O cinema, por exemplo, é um exemplo da perfeita fusão entre Arte, Ciência e Tecnologia, assim como outras áreas necessárias para a produção, promoção e inventos de filmes.

A partir destas considerações, apresentamos uma proposta de ensino que une Física e Arte, com o intuito de se obter melhores resultados no processo de ensino e aprendizagem dessas matérias. No ensino tradicional os conhecimentos científicos raramente são associados aos artísticos, mas na manutenção do conhecimento, temos que somar forças e não reprimi-las. Logo, a Arte, trabalhada de forma correta, colabora para o ensino da Física e engrandece a imaginação do público estudantil.

Para quebrar com essa separação entre Arte e Ciência e, ainda mais, para contribuir na aprendizagem de alunos do ensino básico, podemos pensar em uma proposta que valorize a interdisciplinaridade entre Física e Arte. Pois, entendemos que é de grande valia que se planejem aulas dinâmicas que envolvam os alunos e que estimule o interesse e curiosidade pelo saber. Logo, pensamos que várias expressões artísticas, como: música, fotografia, desenhos, quadrinhos e tantas outras, podem contribuir para se desenvolver aulas de Física bem divertidas e cheias de informações. Trabalhando de maneira adequada, podemos levar os ensinamentos de Física e de Arte para os estudantes.

Reis, Guerra e Braga discutem uma relação artística e cultural para a Ciência, tendo a Física como principal tema. Para eles:

As concepções artísticas e científicas são coerentes, levando a interpretações semelhantes a respeito do funcionamento do universo. Artistas e cientistas (ou filósofos naturais) percebem o mundo da mesma forma, apenas representam-no com linguagens diferentes. No Renascimento, é clara a relação arte-ciência. Muitos são os nomes que misturam os dois campos: Brunelleschi, Pisanello, Leonardo, Dürer e até

mesmo Galileu. E é importante salientar que a invenção da perspectiva e do claro-escuro foi extremamente importante, até mesmo crucial, para tornar possíveis as observações empíricas e os registros acurados que fundamentam a ciência moderna. (REIS, GUERRA & BRAGA, 2006, p.73).

Documentos oficiais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL - SEMTEC/MEC) relatam a necessidade de se elaborar artifícios de ensino que sejam capazes de relacionar os assuntos e matérias de forma interdisciplinar nas escolas de ensino regular. Todavia, os currículos escolares nem sempre tem esse foco. O ensino de Física nas escolas ainda traz as explicações dos fenômenos de modo não condizente com a realidade e os assuntos dificilmente são vistos em conexão com outras áreas do conhecimento. Este fato acarreta num afastamento entre o que o professor explica na sala de aula e o que ocorre no mundo natural. Assim, pode-se criar uma ideia distorcida da Ciência, levando os estudantes a crer que aquilo que eles estudam não serve para a sua formação. Também é verdade que alguns livros didáticos abordam os assuntos explicando superficialmente a sua relação com outras áreas do conhecimento, mas isto não é suficiente para conseguir uma prática interdisciplinar. Necessita-se planejamento, estratégias específicas e condições objetivas e subjetivas para facilitar o trabalho do professor em relação a essa temática, por exemplo: condições materiais, tempo para pesquisar, incentivo financeiro, formações continuadas eficazes e acima de tudo valorização do profissional.

Nos Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (PCNEM), encontram-se tópicos que indicam a necessidade da Interdisciplinaridade, logo:

[...] a interdisciplinaridade deve ser compreendida a partir de uma abordagem relacional, em que se propõe que, por meio da prática escolar, sejam estabelecidas interconexões e passagens entre os conhecimentos através de relações de complementaridade, convergência ou divergência. (BRASIL, 2000, p. 36).

Nas palavras de Piaget (1972), “Interdisciplinaridade. Segundo nível de associação entre disciplina, em que a cooperação entre várias disciplinas provoca intercâmbios reais, isto é, existe uma verdadeira reciprocidade nos intercâmbios e, conseqüentemente, enriquecimento mútuos” (apud SANTOMÉ, 1998, p.70). Então, utilizando um ensino interdisciplinar envolvendo assuntos de Arte e Física numa mesma atividade didática, que pode ser aula, oficina, cursos, palestras e outros, espera-se que os alunos tenham uma relação mais envolvente com o conhecimento,

além de atrativa e motivadora, ou como dissera (OLIVEIRA, 2007, p.2), “um chamado para o investimento na educação da imaginação criativa”.

A interdisciplinaridade é uma valiosa forma de se alcançar resultados favoráveis, pois ela permite que haja uma troca de conhecimentos simultâneos, na qual se estudam duas ou mais disciplinas e usa o que elas têm em comum. Como exemplo, podemos citar o estudo das ondas sonoras na música, aquela é caracterizada como uma onda mecânica, que tem como área de estudo a Física, já a música, que é uma expressão subjetiva que depende de habilidades específicas, está ligada à Arte. Como a música é produzida a partir de ondas sonoras, há uma ligação de assuntos entre as duas disciplinas. Com esse simples exemplo, já notamos a grandiosidade e a relevância que a interdisciplinaridade tem para o processo de ensino e aprendizagem.

Então, essa proposta de trabalho almeja colaborar na aprendizagem de alunos do Ensino Médio de uma escola do interior do estado de Pernambuco, usando uma forma alternativa e dinâmica para se ensinar Física. Ao se relacionar Física e Arte (Música), os estudantes terão a oportunidade de aprender assuntos das duas disciplinas. Eles refletirão sobre a importância de se estudar Ciência, as contribuições científicas em várias formas de expressões artísticas, Ciência e Tecnologia, fatos históricos relevantes para o desenvolvimento da Física e Arte e poderão ver um experimento didático que facilitará o entendimento do assunto abordado. Pois, é bastante importante a união da teoria com a prática, por meio de experimentos didáticos, para a efetivação do estudo e ensinamentos da Física. Logo, as ideias se materializam quando se colocam “a mão na massa”. Por exemplo, em uma aula que se esteja ensinando o assunto de transferência de calor, é conveniente, tanto para o professor como para os alunos, fazer demonstrações com materiais de baixo custo sobre o referido assunto para se ter uma melhor explicação e discernimento. Dessa forma, os estudantes poderão tirar suas próprias conclusões e refletir sobre o fenômeno, tornando-se sujeitos críticos reflexivos do conhecimento.

Tendo em vista a importância da Física como Ciência, é de imensa necessidade que se elaborem métodos operativos e instrumentos didáticos inovadores que levem os estudantes ao interesse pelo conhecimento. A quantidade de alunos que têm dificuldade em compreender os ensinamentos de Física é demasiadamente grande. Tal fato pode-se dar por falta de professores formados em Física, falta de estrutura nas escolas, falta de incentivo ao estudo e diversas

divergências que até hoje se perpetuam, como: o uso do método tradicional de ensino, que ainda é usado por diversos docentes, principalmente em disciplinas da área de ciências exatas.

Muitas vezes professores formados em outras áreas são deslocados de sua disciplina para ministrar aulas de Física, só por que sabem resolver alguns cálculos dessa ciência. Contudo, às vezes não sabem explicar, com detalhes, aos alunos os conceitos e aplicações necessários à aprendizagem em Física. Assim é comum presenciar aulas em que os docentes, que estão lecionando, só fazem responder listas de exercícios, não levam em consideração a explicação detalhada da teoria, muito menos a confecção e manuseio de experimentos didáticos em salas de aulas e laboratórios.

Apresentamos aqui, uma proposta que valoriza o ensino de Física associado com a disciplina de Arte, através da interdisciplinaridade, relacionando Física com Música. Isso tudo para fortalecer os laços que há entre a Ciência e outras áreas do conhecimento e contribuir no aprendizado dos estudantes. Sem falar que o fato de relacionar Física e Música é somente uma das possibilidades de associação, já que podemos trabalhar com diversos tópicos como Física e Fotografia, Física e Pinturas, Física e Arquitetura, Física nos Desenhos de Quadrinho e tantos outros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresentamos discussões relevantes acerca dos processos de ensino mediados pela interdisciplinaridade e estudos elaborados por diversos pesquisadores da área de ensino e aprendizagem que fundamentam a nossa proposta. Destacamos também o ensino, em comunhão, da Ciência com a Arte.

2.1 Discutindo o que diz a interdisciplinaridade e áreas afins

O termo interdisciplinaridade vem sendo notavelmente propagado atualmente no meio acadêmico. É possível relacionar diversas disciplinas em pró de um bem maior, que é a efetivação do saber científico. São inúmeras as possibilidades em que se podem associar ramos de estudos diferentes para que se tenha um ensino mais proveitoso, por exemplo: podemos relacionar o ensino de Biologia com Física e Química no ensino do fenômeno da fotossíntese, na qual a planta utiliza a luz solar para metabolizar o seu próprio alimento, ocorrendo uma transformação de energia luminosa em energia química.

Contudo, já que vamos falar do processo de ensino interdisciplinar entre Física e Arte é conveniente começarmos estudando o que venha a ser esse modo de ensino e aprendizagem. De acordo com Fazenda:

[...] A palavra interdisciplinaridade evoca a “disciplina” como um Sistema constituído ou por constituir, e a interdisciplinaridade sugere um conjunto de relações entre disciplinas abertas sempre a novas relações que se vai descobrindo. Interdisciplinar é toda interação existente dentre duas ou mais disciplinas no âmbito do conhecimento, dos métodos e da aprendizagem das mesmas. Interdisciplinaridade é o conjunto das interações existentes e possíveis entre as disciplinas nos âmbitos indicados. (FAZENDA, 2008, p.18-19).

Dessa forma se tem uma inter-relação entre duas ou mais disciplinas, buscando uma maior abrangência na produção do conhecimento científico. Por meio do processo interdisciplinar há a possibilidade do debate epistemológico, dinâmico e evolutivo que estimula a aprendizagem. Ela coloca em destaque as fronteiras disciplinares da produção do conhecimento e destaca a necessidade de relações recíprocas entre as disciplinas com vista a atingir benefícios mútuos (PIAGET, 1973). Piaget comenta que, a troca de conhecimentos em disciplinas não acarreta

perdas na identidade de cada uma, ou seja, não há rompimento de objetivo, conceitos e instrumentos específicos das disciplinas. Assim, ao se trabalhar com duas ou mais matérias, se busca o que há em comum entre elas para fortalecer os vínculos do processo pedagógico. Contudo, sabemos que a essência de cada uma deve ser preservada, pois não devemos confundi-las, isto é, cada qual tem seu enfoque específico.

Ivani Fazenda no livro *O QUE É INTERDISCIPLINARIDADE?* relata que a interdisciplinaridade escolar é diferente da científica. Para (FAZENDA, 2008, p. 21) “Na interdisciplinaridade escolar, as noções, finalidades, habilidades e técnicas visam favorecer, sobretudo, o processo de aprendizagem, respeitando os saberes dos alunos e sua integração”. Então, visa-se integrar o aluno no processo de aprendizagem por meio da interdisciplinaridade escolar, considerando os saberes que o mesmo possui. Assim, é importante considerar os conhecimentos prévios que os estudantes têm e possibilitar que eles os usem para a aquisição de novos conhecimentos, pois o conhecimento prévio do aluno atua como “âncora” para a assimilação do conhecimento científico, promovido pela integração entre o conteúdo teórico pertinente e as atividades experimentais:

Há, pois, um processo de interação no qual conceitos mais relevantes e inclusivos interagem com o novo material, servindo de ancoradouro, incorporando-o e assimilando; porém, ao mesmo tempo, modificando-se em função dessa ancoragem (MOREIRA, 1999, p. 12).

Entretanto, esse conceito de relacionar disciplinas não é restrito somente à interdisciplinaridade. Diversos autores trazem outras formas de interações entre matérias ou áreas do saber que recebem nomes distintos. Por conseguinte, às vezes se tem uma ambiguidade no entendimento das expressões usadas no que diz respeito aos métodos de ensino. Para se distinguir os níveis de complexidade que cada área tem, falaremos um pouco mais sobre a interdisciplinaridade, transdisciplinaridade, multidisciplinaridade e pluridisciplinaridade. Então, iremos destacar, sem se aprofundar muito, alguns conceitos que se referem a essas expressões e evidenciar as principais diferenças entre esses termos.

Como existem várias formas metodológicas e instrumentos didáticos para o ensino de Física, como: uso de jogos lúdicos, aulas experimentais, divulgações científicas e tantos outros, a interdisciplinaridade, como já foi comentado, é uma

ótima forma de abordar conceitos distintos, mas que de alguma forma tem relações científicas e com isso aproveitar o máximo essas ligações para fortalecer o entendimento dos estudantes e propiciar aulas mais criativas e interessantes.

Já a transdisciplinaridade está ligada ao estudo epistemológico das ciências, das artes, da filosofia e religião. Ela vem quebrar as barreiras ideológicas que dificultam a união dessas matérias e impedem a ascensão das mesmas. “ela tem como fundamentos a complexidade, a lógica primária e a multidimensionalidade do mundo” (NICOLESCU apud ANTÔNIO, 2002). Na transdisciplinaridade, a educação busca entendimento do significado da vida e compreensão do mundo natural. Ela tem o objetivo de ter um enfoque maior do que a investigação disciplinar e interdisciplinar, isto é, ela não evidencia separação entre estudos e sim uma contemplação mais geral.

A respeito da transdisciplinaridade, Basarab Nicolescu, defende que o movimento que se evidencia "entre", "através" e para "além" das disciplinas cuja articulação concretiza-se na "coerência", na "legitimidade" e na "articulação" de ideias que se formam de seu difícil exercício. Assim, ela cria um conhecimento integrado entre as ciências, propiciando um maior envolvimento entre o ser humano e a natureza. Para (MORIN, 2007, p. 25) “Então, eu diria que para ser transdisciplinar é preciso ter um conhecimento complexo. Não se pode ser transdisciplinar apenas justapondo elementos. É preciso saber ligar os elementos das diferentes disciplinas”.

Por outro lado, existe a multidisciplinaridade que é uma metodologia que envolve a aplicação de várias disciplinas que estudam determinados assuntos, contudo sem uma ligação profunda entre elas, ou seja, cada uma analisa os parâmetros do seu campo de estudo. Então, ela evidencia o trabalho em conjunto de profissionais de diferentes áreas, trabalhando cada um no seu seguimento, com a finalidade de se chegar a um resultado bom para todos. Com isso, tem-se um espaço compartilhado com diversos saberes e técnicas. “A multidisciplinaridade constitui uma associação de disciplinas, por conta de um projeto ou de um objeto que lhes sejam comuns” (MORIN, 2001, p. 115).

Então, a multidisciplinaridade envolve diversas disciplinas trabalhadas, simultaneamente, em um mesmo objeto de estudo, contudo elas não compactuam de uma inter-relação, ou melhor, uma não depende da outra e não tem relações significativas entre si. Logo, os conteúdos escolares são apresentados por matérias

independentes. Essa abordagem não é tão trabalhada na sala de aula, ela é mais vista em outros setores da sociedade. Podemos fazer uma analogia com equipes multiprofissionais em fábricas, setores administrativos, laboratórios médicos e de ciências exatas, em departamentos policiais e outros. De toda forma, essa metodologia tem suas contribuições na ciência.

Domingues cita algumas características relevantes dos contextos multidisciplinares:

- a) aproximação de diferentes disciplinas para a solução de problemas específicos;
- b) diversidade de metodologias: cada disciplina fica com a sua metodologia;
- c) os campos disciplinares, embora cooperem, guardam suas fronteiras e ficam imunes ao contato (DOMINGUES, 2005, p. 22).

A pluridisciplinaridade também vem sendo muito discutida entre pesquisadores, ela tem uma ideologia um pouco semelhante com a multidisciplinaridade. Contudo, enquanto esta não mostra uma inter-relação entre as disciplinas, aquela apresenta uma existência de relação entre as disciplinas. A pluridisciplinaridade é situada por meio de uma relação de justaposição de variadas matérias. Para melhor explicar, Korte fala que a pluridisciplinaridade “Ocorre quando se verifica convergência dos recursos de várias fontes do conhecimento para o estudo específico de determinado fenômeno” (KORTE, 2000, p. 28).

Segundo Zabala (2002):

A pluridisciplinaridade é a existência de relações complementares entre disciplinas mais ou menos afins. É o caso das contribuições mútuas das diferentes histórias (da ciência, da arte, da literatura etc.) ou das relações entre diferentes disciplinas das ciências experimentais. (ZABALA, 2002, p. 33).

Notamos que todas essas metodologias apresentam traços de semelhanças. Entretanto, como foi exposto, cada uma possui suas particularidades e formas de atuação. Aqui destacamos com mais ênfase a interdisciplinaridade, pois é com esta que iremos desenvolver nosso trabalho com a finalidade de transpor o máximo possível de conhecimento científico para os estudantes da escola básica.

2.2 Ensino de arte e ciência

Tendo em vista o nascimento de um estudo científico ou uma criação artística, a origem do ato criador da Ciência não se diferencia do artista, todavia eles trabalham pensamentos e afazeres diferentes. Assim, tanto Ciência como Arte, usam em sua materialização do saber a capacidade de formular hipótese, testar ideias, observar eventos, criar imagens e obter resultados. Porém, é na execução de suas atividades que há um distanciamento de atribuições entre a Arte e a Ciência, como nos processos epistemológicos de análise de dados, pois o cientista tem um olhar diferenciado, do olhar artístico, na formulação e aplicação do seu conhecimento, porém a imaginação é importante para ambos. Jacob Bronowski ressalta em seu livro *O Olho Visionário* que:

Um físico experimenta situações materiais, cujas propriedades ele não conhece inteiramente; um poeta procura encontrar seu caminho mediante situações humanas que não compreende completamente. Os dois aprendem ao experimentar, e ambos experimentam situações que precisam imaginar previamente. Como disse o poeta William Blake, 'o que agora está provado foi antes só imaginado'. (BRONOWSKI, 1998, p. 40).

Sabemos que o termo Arte é compreendido por diversas formas de expressão humana, isto é, existem diversas maneiras de se fazer arte. A polissemia desse termo envolve música, dança, pintura, artesanato, marcenaria, poesia, fotografia e tantos outros. Assim como a Arte, que se desenvolve por meio de inúmeras categorias, a Ciência, da mesma forma, tem suas ramificações e seguimentos de estudos variados, por exemplo: Física, Química, Biologia, Geologia, Astronomia e mais um leque de ramos de estudos. Logo, notamos que Arte e Ciência são áreas que oferecem aos estudantes oportunidades diversas para serem estudadas.

Por outro lado, nós como futuros docentes, sabemos da importância que é trazer o aluno para a discussão da disciplina em sala de aula. Entretanto, muitas vezes o estudo da Física não é tão motivado pelos professores, e os estudantes criam uma certa aversão a essa matéria. Esse efeito pode ser causado por meio do predomínio do ensino tradicional, que não oferece oportunidade para os alunos participarem das aulas efetivamente. Esse método arcaico dá mais ênfase ao ensino do que a aprendizagem e tem como figura central o professor, que transmite

para os alunos os conhecimentos, que já vêm predeterminados pelo sistema de ensino.

Para Terrazzan (1997):

Os currículos das escolas brasileiras têm permanecido tradicionais e inalterados em sua estrutura básica. Na grande maioria das vezes, não passam de meras listas de conteúdos e os planejamentos correspondentes se constituem em uma cópia de índice dos livros didáticos mais adotados. Estes currículos costumam vir prontos para o consumo dos professores, aos quais resta apenas a função de executá-los 'acriticamente' em sala de aula. (TERRAZZAN, 1997, p.608).

Então, já se tornou em rotina os estudantes decorarem o assunto e reproduzir na hora da prova, ficando a aprendizagem aquém do esperado. Assim, o conhecimento é depositado pelo professor na mente dos alunos. Para Paulo Freire, no que ele se refere como educação bancária "(...) A educação se torna um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante. O educador será tanto melhor educador quanto mais conseguir 'depositar' nos educandos" (FREIRE, 1983, p.66). Logo, o processo de ensino e aprendizagem fica saturado e os alunos perdem a oportunidade de aprender coisas novas. Esse fato colabora para o fracasso escolar e traz resultados desfavoráveis ao processo educacional, causando abandono escolar e desinteresse pelos estudos.

Com a perspectiva de mudar essa situação nas aulas de Física em uma escola de Pernambuco, buscamos uma metodologia inovadora que possibilite o acesso à aprendizagem, que se faz presente através do processo de interdisciplinaridade entre Física e Arte. Dessa forma, buscamos estratégias de ensino pouco utilizadas, mas com grande potencial, já que as possibilidades de combinação entre Física e Arte são variadas, por exemplo: Ondas e Música, Óptica e Fotografia, Dinâmica e Dança etc. Contudo, não há uma relação hierárquica entre essas disciplinas, pois cada uma se manifesta com uma forma de produção, pensamento e execução de atividades. Mas sabendo a forma de expressão de cada, podemos construir um diálogo de parceria entre elas.

Como notamos uma grande relevância de expressões artísticas nos dias atuais e fenômenos físicos com notórios destaques, montamos um esquema de atividades que envolvem fatos do dia a dia dos alunos e usamos para explicação, de forma interdisciplinar, Física e Música. Com o auxílio dessa metodologia pretendemos contribuir para a formação básica dos alunos, formando cidadãos que

reflitam sobre os fenômenos naturais e sociais que permeiam o nosso país. Logo, a escola é uma porta de entrada para a formação de pessoas para o mundo do trabalho e acadêmico. Lá elas adquirirem conhecimentos e criar perspectivas favoráveis à cultura, à tradição, o bem estar da população, à saúde, à segurança, o lazer e demais termos necessários para manutenção da vida na sociedade.

Neste nível de escolaridade devemos estar formando um cidadão, pronto para sua participação na sociedade. Sua formação deve ser global, pois sua capacidade de intervenção na realidade em que está imerso tem relação direta com sua capacidade de compreensão desta mesma realidade. (TERRAZZAN, 1992, p.92).

Então, como ferramenta de ensino, usamos também um experimento didático para melhor explicar os assuntos. Logo, a materialização do saber é muito importante no processo de ensino e aprendizagem. Por meio dos experimentos os estudantes conseguem estruturar ideias mais concretas sobre os fatos e dinamizar o ambiente escolar com a manipulação dos mesmos. Para Borges (2002), as atividades experimentais permitem a mobilidade do aprendiz, no lugar da passividade. Para ele, tais atividades consistem em proporcionar aos estudantes o manuseio de objetos e coisas num exercício de simbolização ou representação, para se alcançar a conexão dos símbolos. Outro viés importante é a conjugação da teoria com a prática, pois no processo epistemológico uma necessita da outra. Assim, sendo a Física uma ciência experimental e Arte uma forma de expressão que traduz sentimentos e necessita de habilidades específicas, encontramos na prática experimental outra forma de contribuir no ensino interdisciplinar dessas matérias.

Concluindo a nossa análise, já se tornou trivial ouvir os alunos da educação básica falarem que Física é complicada, é uma matéria chata ou só quem gosta são os “Nerds”. Esses argumentos são bastante recorrentes e se perpetuam até hoje. Pois, muitos professores ainda vivem usando métodos arcaicos e desgastados que não despertam mais o interesse dos alunos. Logo, o ensino de Física é tradicionalmente limitado à aquisição de fórmulas e métodos para resolução de problemas que não condizem com o mundo real. Por outro lado, o ensino de Arte em raras ocasiões é ligado aos fundamentos científicos e as tecnologias relacionadas com as diferentes manifestações artísticas. Assim, os referidos profissionais devem planejar aulas mais dinâmicas, usando técnicas de ensinamentos adequadas, por

exemplo: aulas interdisciplinares, experimentais e lúdicas, para instigar os aprendizes a buscar pelo conhecimento científico.

2.3 Ondas estacionárias, o que são isso?

O fenômeno conhecido como onda estacionária acontece quando duas ondas idênticas viajam em sentidos opostos com interferência construtiva num fio, corda ou objeto semelhante, ou quando uma onda interfere construtivamente com ela mesma devido à reflexão num obstáculo. De acordo com Halliday “Se duas ondas senoidais de mesma amplitude e mesmo comprimento de onda se propaga em sentidos oposto em uma corda, a interferência mútua produz uma onda estacionária” (HALLIDAY, 2009, p. 135).

Logo abaixo, na figura 1, estão as equações de ondas que caracterizam a onda estacionária.

Figura 1. Equações de uma onda viajando no sentido positivo e negativo na horizontal e a onda resultante da soma destas duas ondas.

$$\begin{aligned}
 y_1(x, t) &= y_m \text{sen}(kx + \omega t) & (1) \text{ Onda incidente} \\
 y_2(x, t) &= y_m \text{sen}(kx - \omega t) & (2) \text{ Onda Refletida} \\
 y(x, t) &= y_1(x, t) + y_2(x, t) = y_m \text{sen}(kx + \omega t) + y_m \text{sen}(kx - \omega t) = \\
 & 2y_m \text{sen}(kx) \cos(\omega t) & (3) \text{ Onda resultante}
 \end{aligned}$$

Fonte: o autor (2017).

Com $y(x, t)$ representando o deslocamento transversal, x a posição horizontal, t o tempo, y_m a amplitude da onda original, k o número de onda e ω a frequência angular. Observe que, independente do tempo, sempre haverá pontos em que o deslocamento será nulo, pois o tempo não está no argumento da função $\text{sen}(kx)$. Então o deslocamento será nulo nos pontos em que $kx = n\pi$ ($n = 0, 1, 2, \dots$). Por outro lado, nos pontos em que $kx = (n + 1/2)\pi$ ($n = 0, 1, 2, \dots$), a

amplitude será máxima. Observe também que existiram momentos em que não haverá deslocamento em ponto algum, ou seja, a corda estará esticada na horizontal.

Na situação em que temos uma onda viajando numa corda fixa nos extremos de comprimento L , com tensão T e densidade linear μ , então a condição de zero deslocamento será:

$$kx = n\pi; \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}; \quad \lambda = vT = \frac{v}{f};$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}; \quad v \rightarrow \text{velocidade de propagação};$$

Com isto: $f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, esta equação determina o número de harmônicos.

A característica específica desta onda, é que existem pontos fixos no espaço em que a amplitude é máxima ou nula, chamados “ventres” e “nós”, respectivamente. Entre dois nós temos um segmento de corda oscilando permanentemente apenas na direção transversal a corda, ou seja, sem viajar para esquerda ou direita como uma onda progressiva. Essa distribuição espacial da onda é que a faz aparecer como “estacionária”, lembrando que numa onda progressiva os pontos de máxima e mínima amplitude não estão fixos no espaço, dando a impressão de que a onda viaja. Ver figura 2.

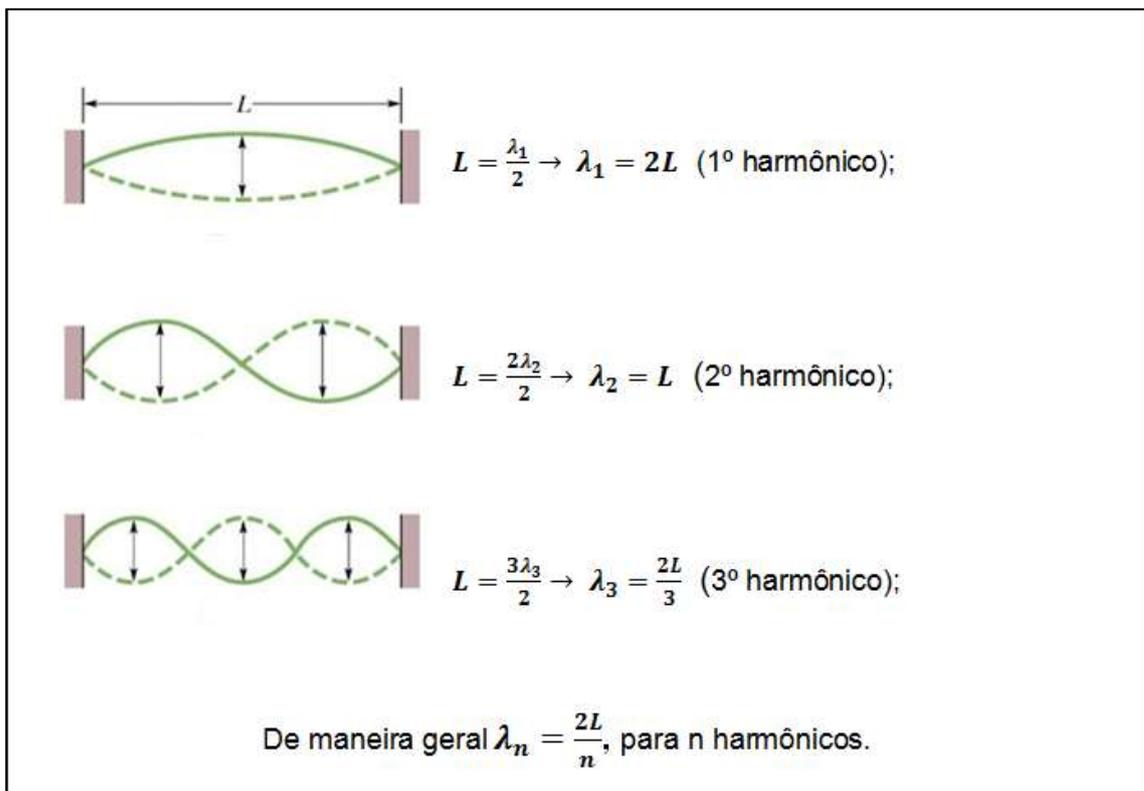
Figura 2. Experimento de onda estacionária.



Fonte: página do blog Azeheb Laboratório de Física.

Num experimento de laboratório, para isto acontecer é necessária uma fonte osciladora e um meio de propagação tensionado e com um extremo “fixo” que permita a reflexão da onda sem alteração das suas propriedades ou dissipação de energia significativa. O meio de propagação deve ser elástico, como por exemplo, um barbante ou corda de violão. As ondas estacionárias criam os modos fundamentais, os chamados harmônicos, que são vistos na manipulação de instrumentos de sopro, de cordas e diversos. O primeiro harmônico representa a frequência fundamental, o segundo harmônico representa a primeira oitava, o terceiro harmônico representa a segunda oitava e assim por diante. Abaixo estão descritos os harmônicos em um fio de comprimento L , com os variados comprimentos de ondas para cada configuração e n harmônicos. Observe a figura 3.

Figura 3. Modos fundamentais.

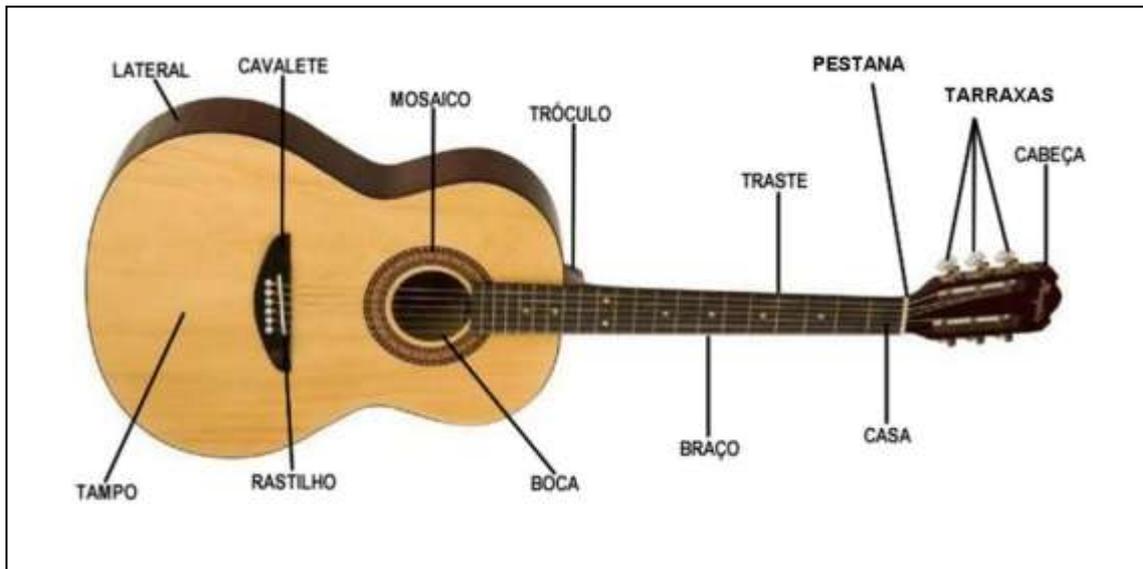


Fonte: o autor (2017).

No caso de um violão não existe uma fonte que gere as oscilações de forma contínua, pois quando a onda é gerada a partir da ação mecânica, do dedo, por exemplo, ela viaja naturalmente com uma frequência específica pela corda entre

dois pontos fixos em direções opostas. Esta frequência específica é uma nota musical. A onda estacionária neste caso acontece porque existe uma combinação adequada entre as propriedades do material da corda (densidade do metal), a tensão e a distância entre os pontos fixos, no caso a pestana e o rastilho, ver figura 4.

Figura 4. Representação de um violão acústico e as suas partes.



Fonte: página do site Como Aprender Tocar Violão.

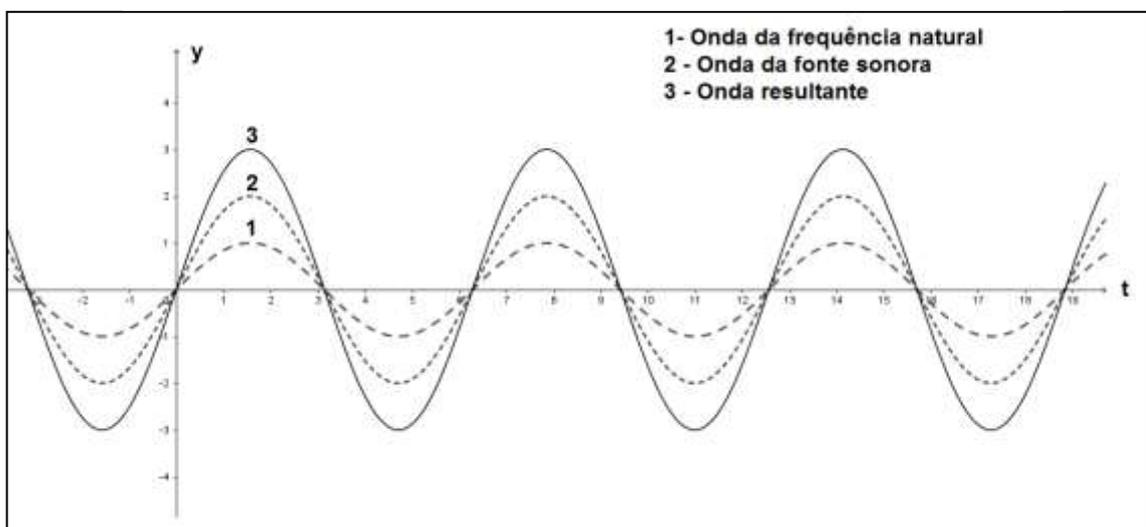
O estudo de tais ondas tem um grande destaque nas pesquisas sobre ressonância. Alguns corpos sólidos que emitem som têm uma chamada “frequência natural”, esta frequência é aquela que sobrevive por mais tempo oscilando no sistema, podemos dizer que nesta frequência a energia não se dissipa rapidamente e sobrevive por um tempo gerando um som ou nota. Digamos que desejamos saber a frequência natural de uma taça de cristal, uma maneira simples para isso é pegar um garfo, por exemplo, e bater suavemente na taça, ao colidir o garfo, a taça produzirá um som que será a sua frequência natural. Contudo, essa frequência depende de diversas grandezas físicas, como, elasticidade, densidade, forma geométrica e outras. Se uma fonte externa de som com frequência semelhante é colocada próxima à taça, esta pode se quebrar, pois a “ressonância” provocará aumento das amplitudes de oscilação.

2.4 Ressonância, o que é isso?

A ressonância é um fenômeno que acontece quando num sistema oscilatório a amplitude de oscilação aumenta continuamente, porque uma fonte externa adiciona energia com uma frequência próxima à frequência natural de oscilação do sistema. Em algumas situações o sistema pode colapsar quando as amplitudes alcançam valores intoleráveis pela estrutura do sistema.

A respeito da ressonância, Young comenta que “A ressonância é o fenômeno que ocorre quando existe um pico de amplitude provocado por uma força cuja frequência está próxima da frequência de oscilação natural do sistema” (YOUNG, 2003, p. 56). Cada objeto, que oscila, tem sua frequência natural. Assim, suponhamos que haja um objeto com determinada frequência natural, e por meio de uma excitação periódica façamos que uma fonte, por exemplo sonora, origine uma frequência próxima a do objeto, então o sistema físico passará a ter uma amplitude maior em sua oscilação, pois recebeu energia, criando uma onda resultante por meio da oscilação forçada e como resultado o sistema entrará em ressonância. Um exemplo típico da ressonância ocorre nos balanços de parques de criança. Digamos que uma criança esteja se balançando, então outra pessoa começa a empurrá-la sempre que o balanço estiver descendo, assim este terá maior velocidade, ou seja, o balanço alcançará uma altura maior cada vez. Veja a figura 5.

Figura 5. Representação gráfica do fenômeno de ressonância.

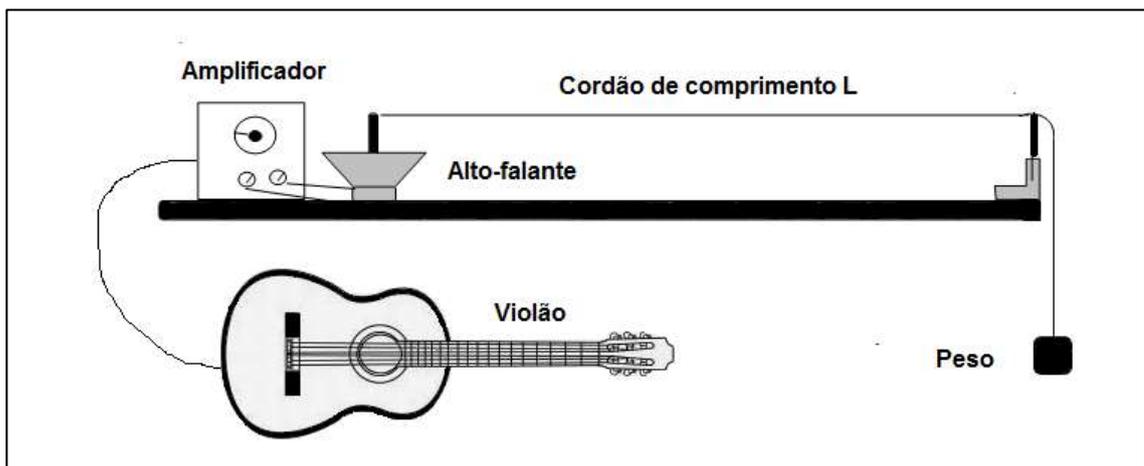


Fonte: o autor (2017).

2.5 Experimento de onda estacionária com violão

Num experimento de laboratório a onda estacionária é produzida por um gerador de frequências acoplado a um alto-falante. Uma variante do experimento para aulas interdisciplinares de Física e Música, seria substituindo o gerador de frequência por um violão e um amplificador de som. Dessa forma, as notas do violão produzem os harmônicos do cordão do experimento quando o comprimento do cordão e o peso são ajustados para isso. Portanto, o aluno pode visualizar e compreender melhor o que são as nota musicais, harmônicos, ondas, ondas estacionárias, ressonância, entre outros conhecimentos comuns à Física e à Música.

Figura 6. Experimento de corda ressonante acoplado ao violão.



Fonte: o autor (2017).

Na figura 6, estão ilustrados os materiais usados na aplicação do experimento que produziu ondas estacionárias e evidenciou o fenômeno de ressonância. Note que foram equipamentos simples, entretanto o resultado da aula experimental nos proporcionou uma melhor explicação dos assuntos estudados.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo apresentamos a metodologia utilizada para aplicação de duas aulas com conteúdos apresentados de forma interdisciplinar e questionários semiabertos para aquisição de respostas com a finalidade de mostrar indícios positivos que nos levem a atingir os objetivos do nosso trabalho.

3.1 Planejamento das aulas

O planejamento das aulas é algo de extrema importância no contexto escolar. A partir dele o professor pode delinear ações que serão realizadas no decorrer do percurso de ensino e se preparar para as eventualidades, caso haja. Quando um professor se organiza com antecedência, ele dificilmente age com improvisos, isso é um fato importante, porque não podemos pensar no processo de ensino como algo que se aplica sem preparação.

Na visão de Sant`Anna, o planejamento na educação escolar:

É um processo contínuo que se preocupa com o 'para onde ir' e 'quais as maneiras adequadas para chegar lá', tendo em vista a situação presente e possibilidades futuras, para que o desenvolvimento da educação atenda tanto as necessidades da sociedade, quanto as do indivíduo. (1995, p.14).

Então, o planejamento permite delinear fatores essenciais para a aplicação de uma boa aula, fato que é essencial para fortalecer os vínculos da aprendizagem. Ele também é necessário para a criação de uma avaliação condizente com a realidade do assunto. Logo, o momento da avaliação também é bastante importante na sala de aula, pois ela avalia o professor e o aluno. À vista disso, se o docente faz um ensino de qualidade, então, espera-se que os estudantes entreguem respostas esperadas ou traduzam informações relevantes na forma do teste escolhido. Portanto, nós planejamos a confecção de duas aulas interdisciplinares em uma escola do interior de Pernambuco levando em consideração estes elementos.

Tais aulas foram apresentadas para 35 alunos do 2º ano do Ensino Médio, de uma mesma sala de aula. Tivemos o apoio da gestão de uma escola estadual, no município de Agrestina-PE, no segundo semestre de 2017. A referida escola faz parte da rede pública de ensino e é caracterizada por ter um ensino de modo

integral, ou seja, os estudantes passam o dia inteiro na escola, fazendo atividades diversas. Esse colégio também acolhe o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), programa este que participamos e que nos ajuda a ter melhores práticas pedagógicas.

Portanto, nossa metodologia de trabalho, na sala de aula, foi aplicada em duas aulas, que se concentrou em 5 etapas, as duas primeiras na aula 1 e as três últimas na aula 2. Na primeira parte, aplicamos um questionário semiaberto que teve o intuito de investigar as concepções alternativas dos estudantes acerca dos estudos de Física e Arte. A segunda parte é composta por uma relação interdisciplinar, em que argumentamos as contribuições nos estudos de Física e Arte, relacionando os estudos da acústica com a música. Na terceira, que foi aplicada na segunda aula, falamos dos fenômenos físicos de ressonância e ondas estacionárias, associados com uma forma de expressão artística, essa parte é caracterizada por uma aula expositiva dialogada, usando um Datashow para melhor explicação. Na quarta parte, apresentamos um experimento didático que é capaz de simular a realidade do assunto estudado, neste mostramos ainda mais a relação de Física e Música. Por fim, na quinta parte aplicamos outro questionário semiaberto, no qual os estudantes avaliaram a aula, mencionando suas inquietações sobre o assunto e os conceitos interdisciplinares presentes. Posteriormente, falaremos da análise dos resultados.

Quadro 1. Resumo da metodologia utilizada na aplicação das aulas.

Etapas	Metodologia usada
1	Aplicação do questionário semiaberto para avaliar as concepções alternativas dos alunos.
2	Explanação do assunto interdisciplinar entre Física e Música.
3	Explanação do assunto de ressonância e ondas estacionárias.
4	Apresentação do experimento interdisciplinar.
5	Avaliação pós-aula, para constatar os resultados.

Fonte: o autor (2017).

Esse enfoque de trabalho, associando Física e Arte, já foi praticado por nós em anos anteriores através do projeto de extensão intitulado: Ensino de Arte e Ciência e no PIBID, em diversas escolas nas cidades de Altinho, Agrestina, Bonito e

Panelas. Então o que fizemos aqui foi utilizar essas experiências para planejar e desenvolver esta nova atividade.

3.2 Traços interdisciplinares entre física e música

Tendo como objetivo alcançar o máximo possível de interesse dos alunos pelas aulas de Física, pensamos em unir essa matéria com a disciplina de Arte, escolhendo alguma abordagem na qual podemos inferir uma relação interdisciplinar entre elas. Assim, elaboramos aulas que se remetem aos estudos das ondas sonoras e música. Percebemos que ao adentrar na pesquisa da arte musical, o aluno tem a possibilidade de está experimentando fenômenos físicos na área da acústica, que é responsável pelo estudo do som. Esses fenômenos ocorrem por meio de vibrações e da ondulatória, eles podem ser ocasionados por diversos objetos e sua propagação acontece em meios materiais, pois o som é uma onda mecânica.

No nosso dia a dia, são constantes as ocorrências que envolvem fontes sonoras, como, a fala, o barulho de algum objeto, o toque de uma companhia, o som de um violino e uma gama de exemplos, mas normalmente nós não paramos para analisar essas situações, muito menos levamos em conta que elas têm uma relação com o estudo da física. Essas fontes são capazes de produzir vibrações, que causam ondas de pressão, ou seja, as vibrações são transmitidas por colisões entre as moléculas criando camadas de diferente pressão em um meio material, a exemplo disso temos o ar, a água e o ferro. Estas vibrações são chamadas de ondas porque ao se propagar elas mantêm características como frequência, amplitude e velocidade de propagação. A velocidade de propagação depende do material. Fisiologicamente, a onda ao atingir os nossos ouvidos provoca uma vibração no tímpano, enviando impulsos para o nosso cérebro, deixando perceptível a sensação sonora.

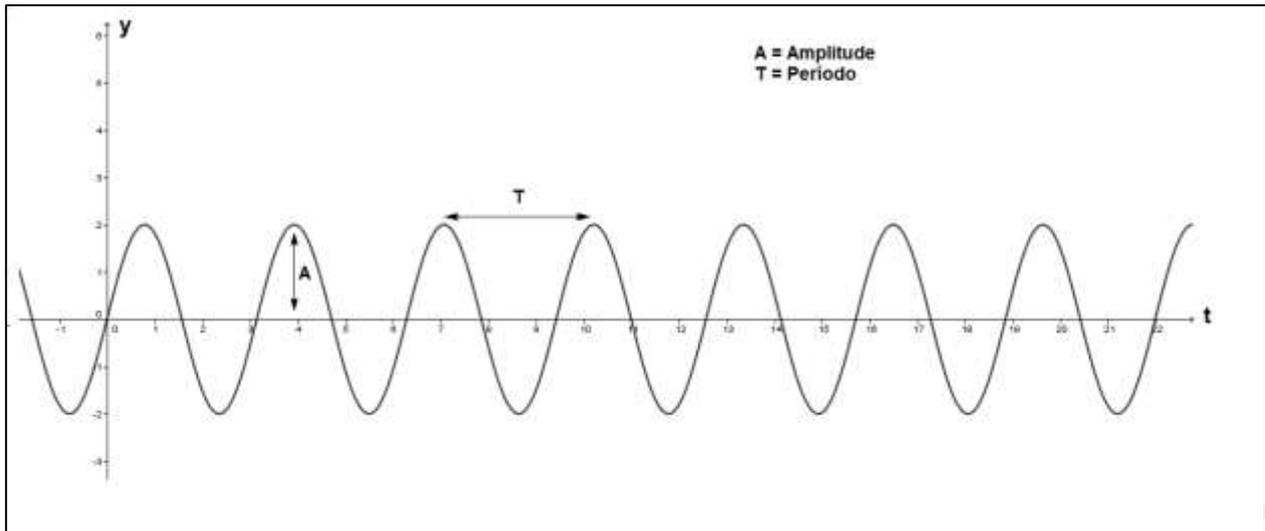
Portanto, toda vez que se estuda música também está se estudando um campo da Física. Vale a pena citar que a constituição geométrica dos instrumentos musicais tem características peculiares, pois dependem de dimensões métricas específicas para se ter o som desejado. Na construção de um violão, por exemplo, o artesão precisa calcular bem o comprimento do braço e do corpo do instrumento,

para que se tenham as notas, que são frequências sonoras, definidas corretamente. Cada instrumento tem seu timbre, ou seja, cada um produz um som próprio, que é inerente àquele instrumento. Assim, naturalmente, uma bateria não pode ter som de clarinete, nem um saxofone pode ter som de guitarra. Fisicamente, cada instrumento produz tipos de ondas, ou seja, um formato pré-definido que é a identidade do instrumento musical.

Onda é uma entidade física que se caracteriza por grandezas como amplitude, frequência, período de oscilação e velocidade de propagação. A onda sonora é uma onda longitudinal porque se propaga na mesma direção em que acontecem as vibrações, ou seja, a amplitude é medida na mesma direção de propagação. Enquanto isso, numa onda transversal a amplitude é medida de forma perpendicular a direção de propagação.

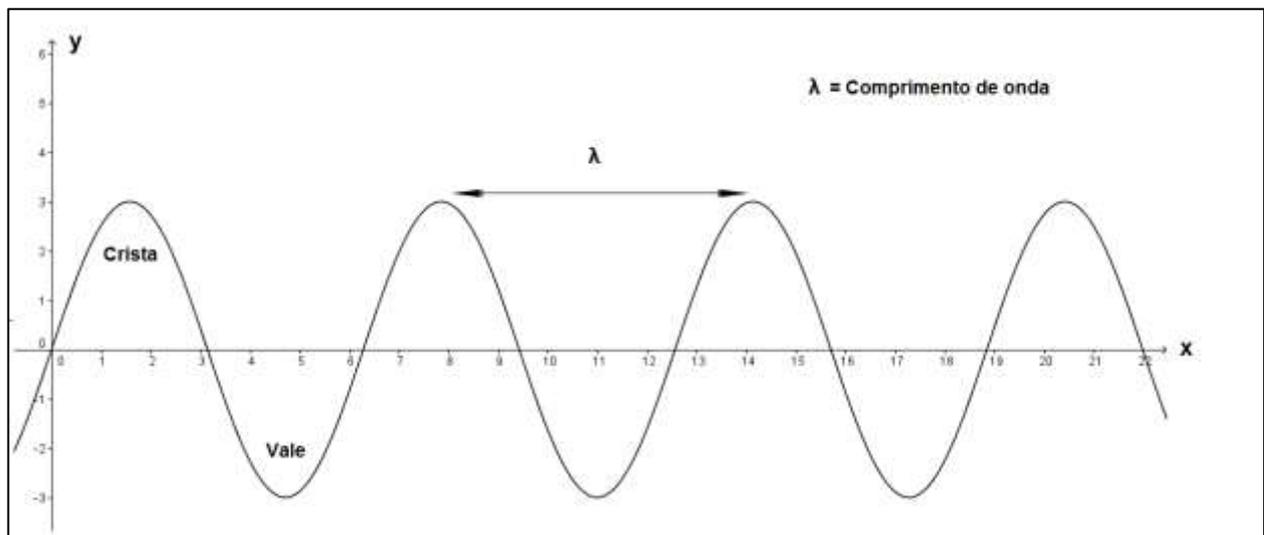
As ondas podem ser representadas por uma função senoidal, que nos permite visualizar e identificar todas as grandezas típicas de uma onda, nesta representação, as cristas e vales são os pontos em que a amplitude é extrema. A amplitude está relacionada com a intensidade sonora e com a energia que a onda transporta. Então, quanto maior a intensidade, mais “forte” será o som. Por outro lado, quando falamos em “altura”, estamos falando de frequência de onda, isso define o som ser agudo ou grave. Quando um músico diz que a música é alta, ele quer explicar que ela tem uma alta frequência e tem um comprimento de onda pequeno. O período é o inverso da frequência, ou seja, é o tempo necessário para ocorrer uma oscilação. O comprimento de onda é representado por a distância entre duas cristas consecutivas ou dois vales consecutivos. As figuras abaixo mostram algumas características da acústica através de gráficos com idealizações de ondas.

Figura 7. Representação da amplitude e do período de uma onda.



Fonte: o autor (2017).

Figura 8. Representação do comprimento de onda, crista e vale.



Fonte: o autor (2017).

Podemos caracterizar um som por meio da altura, timbre e intensidade. Porém, têm outras grandezas que colaboram na música, como, interferência, batimentos, reflexão (eco), ressonância e outros. A respeito dos dispositivos musicais que produzem som, temos: cordas vibrantes (viola, cordas vocais etc.), tubos sonoros (pífano, trompete etc.), membranas (zabumba, tambor etc.), hastes vibrantes (triângulo, diapasão etc.) e uns dos instrumentos mais conhecido do

nordeste brasileiro, a sanfona, que é caracterizado como aerofone. Então, por meio da manipulação desses instrumentos podemos criar tons musicais agradáveis aos nossos ouvidos. Muitos músicos afinam os instrumentos por meio do batimento, mesmo sem conhecer tal estudo científico. Eles usam o processo de igualar sons para obter a frequência desejada, diminuindo o máximo possível à diferença tonal.

Segundo Halliday (2009):

Quando escutamos, com uma diferença de alguns minutos, dois sons cujas frequências são muito próximas, 552 e 564 Hz, digamos, temos dificuldade para distingui-los. Quando os dois sons chegam aos nossos ouvidos simultaneamente ouvimos um som cuja frequência é 558 Hz, a média das duas frequências, mas percebemos também uma grande variação na intensidade do som; ela aumenta e diminui alternadamente, produzindo um batimento que se repete com uma frequência de 12 Hz, a diferença entre as duas frequências originais. (HALLIDAY, 2009, p. 164).

A música sempre esteve ao lado da cultura da humanidade. Uma roda de samba, por exemplo, é uma forma artística musical que influenciou gerações, contribuindo para a cultura de uma região e fortalecendo os vínculos sociais e artísticos. A música de “boa qualidade” tem o poder de proporcionar prazer aos ouvidos e manifestar sentimentos. Ela, ao penetrar em nossos centros nervosos, possibilita, de modo imediato, à divisão do tempo e espaço, capaz de ajudar no desenvolvimento da mente. A música se divide em melodia, harmonia e ritmo, cada um desses segmentos tem sua importância e juntos compõem essa arte tão magnífica que chamamos de Música.

3.3 Relato da aula interdisciplinar

Na primeira aula, aplicamos um questionário semiaberto, que se encontra no apêndice, que serviu como teste de sondagem para avaliar as concepções alternativas dos alunos a respeito do tema Física e Música. Avaliando as concepções alternativas dos estudantes podemos traçar mecanismos que facilitem a aprendizagem. Porque, frequentemente os alunos chegam à escola com um conceito de Física corriqueiro, diferente do formal. Entretanto, usando o mecanismo didático da interdisciplinaridade, pretendemos proporcionar uma mudança conceitual. Com isso, os estudantes podem desconstruir algumas ideias que não

condizem com o conhecimento científico e se apropriar de um conhecimento mais elaborado e sistemático.

Escolhemos as questões, desse questionário, referentes aos estudos da acústica e fatos do dia a dia que envolvem a arte musical. No final investigamos as impressões que os estudantes tiveram do nosso trabalho, para delinear possíveis melhorias e ajustes significativos, com o propósito de incorporar meios facilitadores de aprendizagem. Avaliamos a opinião dos alunos sobre a interdisciplinaridade entre Física e Música, para saber se eles consideram tais assuntos relevantes na sua formação escolar.

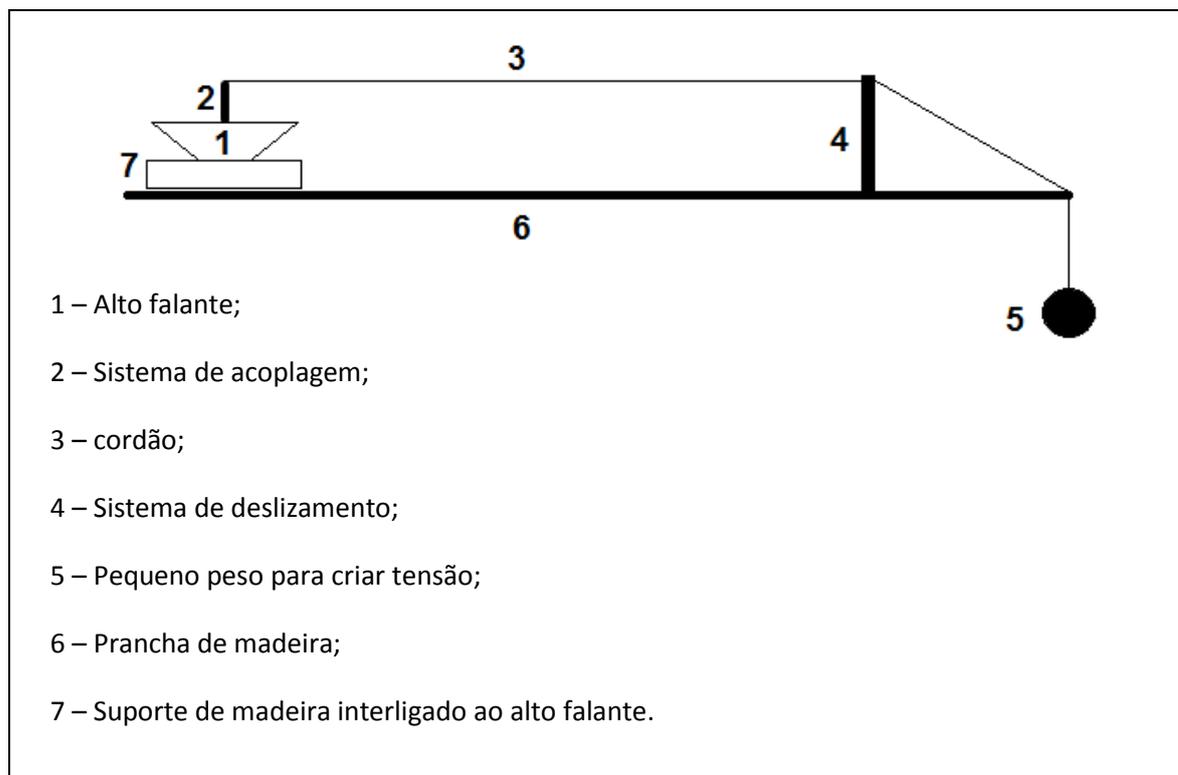
Na sequência, ainda na primeira aula, houve a explanação do tema Física e Música. Neste momento discutimos, por meio da exposição oral e dialogada, algumas relações que existem entre essas áreas do conhecimento. Todo conteúdo que está na parte “Traços interdisciplinares entre física e música”, foi comentado de modo bem explicativo aos alunos e usamos um violão para demonstrar, por meio do instrumento, o que estávamos explicando. Na ocasião, eles participaram efetivamente da aula, trazendo indagações e perguntas relevantes sobre o tema. Apresentamos o vídeo Cymatics, que está disponível no site: <http://nigelstanford.com>, que destaca fenômenos ondulatórios por meio de diversos experimentos. Trabalhos com essa metodologia mostram a importância da inovação do ensino de Física em sala de aula, deixando para trás, de uma vez por todas, o método de ensino tradicional que não dá oportunidade de os alunos participarem de modo significativo do processo educativo.

Na segunda aula, explicamos o assunto de ressonância e ondas estacionárias. Nessa aula, além de esboçar o assunto, demos diversos exemplos sobre os temas, de modo que se elucidem ao máximo os fenômenos estudados, também usamos um violão para melhor explanação e materialização dos dados expostos. A ressonância está bastante presente na música, porque quando uma fonte sonora consegue alcançar uma frequência próxima à frequência natural de outra fonte, uma cede energia para outra, aumentando a amplitude de oscilação. Exemplo: ao se tocar na quinta casa da sexta corda de um violão, faz-se vibrar a quinta corda solta, pois as frequências são as mesmas, uma cede energia à outra. Outro exemplo, ao se colocar dois diapasões próximos um do outro e tocar o primeiro, o segundo emitirá som, mesmo sem ser tocado, isso quando eles têm a mesma frequência natural. Sabendo que as ondas estacionárias são causadas por

interferências, caracterizadas pela superposição de ondas, elas desempenham um valioso papel na criação de notas musicais em instrumentos como órgão, tubos sonoros, guitarra e outros.

Nessa mesma aula, para esclarecer melhor os assuntos, apresentamos um experimento didático que evidenciou os estudos de ondas estacionárias produzidas num cordão e o fenômeno da ressonância. A figura 9 mostra o nome de cada parte do experimento. Ele é composto por uma prancha de madeira, um alto falante acoplado por um sistema a um cordão esticado entre o auto falante e um pequeno peso em uma de suas extremidades, esse peso serve para provocar uma pequena tensão necessária para a vibração. Neste experimento usamos como apoio um violão, um amplificador de áudio e um notebook. Assim, estavam interligados o amplificador o notebook e o violão ao experimento. A teoria que explica o funcionamento deste experimento foi descrita na Fundamentação Teórica.

Figura 9. Aparato experimental do cordão ressonante.



Fonte: o autor (2017).

Ao se tocar na sexta corda solta do violão, nota MI, que tem uma frequência de aproximadamente 82 Hz, o cordão produziu ondas estacionárias e entrou em

ressonância, pois o violão alcançou a frequência natural do cordão. Quando variava o comprimento do cordão, com o apoio do sistema de deslizamento, podiam-se produzir diversos modos normais de vibração, os chamados harmônicos. Com o auxílio desse experimento, os estudantes puderam descobrir o comprimento de onda, as frequências, a velocidade da onda no cordão e outras grandezas físicas. Os harmônicos, no estudo da música, são representados pelas “oitavas” nos instrumentos musicais. O primeiro harmônico é a frequência fundamental, o segundo harmônico é representado nos instrumentos como a primeira oitava, ou seja, o dobro da frequência fundamental, e assim por diante.

Os estudantes tiveram a oportunidade de manusear o experimento e encontrar diversos modos normais. Por este meio, eles deixaram de ser sujeitos passivos do conhecimento e passaram a participar ativamente da aula. A prática do uso de experimentos no meio escolar, para desenvolver a compreensão de conceitos, de acordo com Carvalho (1999, p. 149-168), “é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo”.

Com relação ao ensino de Física com o apoio de experimentos, Borges (2002) destaca que:

Por considerar que se trata de um método de aprendizagem que permita a mobilização do aprendiz, no lugar da passividade. Acredita que a riqueza das atividades experimentais consiste em proporcionar aos estudantes o manuseio de coisas e objetos num exercício de simbolização ou representação, para se atingir a conexão dos símbolos. (BORGES, 2002).

No final da segunda aula, aplicamos novamente outro teste de sondagem, que se encontra no apêndice. Contudo, desta vez, este teve o propósito de avaliar as contribuições das aulas e constatar se houve mudança conceitual. Segundo Hewson e Thorley (1989), a mudança conceitual é uma transformação em que a concepção alternativa do aluno perde status e com isso a concepção científica ensinada pelo professor ganha status. Nesse, fizemos questões semelhantes a do primeiro para investigar se houve, realmente, uma mudança de ideias no modo de pensar dos estudantes. Pesquisamos novamente sobre os conceitos físicos e artísticos e perguntamos sobre qual método de ensino eles mais se identificam, pois devemos sempre alavancar o interesse pelo estudo com técnicas que chamem a

atenção. Nesse último questionário, indagamo-nos sobre a interdisciplinaridade e fenômeno referentes à acústica e a música.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresentamos os resultados, de modo quantitativo e qualitativo, obtidos na investigação das duas aulas interdisciplinares. Podemos fazer uma análise dos resultados obtidos em cada teste para se permear discussões pertinentes sobre as aquisições e contribuições que tais aulas tiveram na aprendizagem dos estudantes.

4.1 Análise e discussão dos resultados

Como foi descrito inicialmente, foi aplicado o primeiro teste de sondagem, cujas questões estão no apêndice, para uma sala com 35 alunos do 2º ano do Ensino Médio. Esse teste foi aplicado no início da primeira aula, assim não houve explicação de assuntos previamente. A seguir apresentamos as respostas adquiridas e a análise dos dados em decorrência das concepções alternativas. Para preservar a identidade dos alunos, pedimos que eles não colocassem o nome.

PRIMEIRO TESTE

A questão 1 indagou a importância da Física na formação escolar dos estudantes. Perguntando se eles a consideraram importante (sim ou não) e pedimos suas contribuições com alguma explicação. 32 estudantes (91,4%) consideraram que sim, entre os comentários, eles destacaram a importância na preparação ao Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e vestibular, para compreensão do mundo e aquisição dos conhecimentos. 3 estudantes (8,6%) disseram que não, pois comentaram que desejam ingressar em outras profissões, como, Educação Física, que segundo eles não necessita da Física. Porém, os alunos cometeram um equívoco ao pensar que a Educação Física não tem relação com a Física. Em diversas práticas esportivas e do atletismo a Física está presente, pois usamos sempre grandezas físicas como: Velocidade, força, trabalho e energia, torque, momento de inércia, variação de pressão e etc. para desempenhar atividades físicas como, corrida, musculação, natação, ciclismo e tantos outros exercícios físicos.

Diante do que foi exposto, percebemos que a maioria dos alunos considera a Física importante para a sua formação escolar e compreende que ela está presente, não somente na sala de aula, mas também em outras áreas do conhecimento e da vida cotidiana.

Figura 10. Resposta da questão 1, primeiro teste.

1 - Você considera a Física importante para a sua formação escolar?
 Sim (x) Não ()

Explique:

Por ser uma matéria que explica relação de
espaço, energia, aceleração, ondas magnéticas
além de facilitar a compreensão de tudo que é mundo.

Fonte: o autor (2017).

Já a questão 2, perguntou sobre a possibilidade de associação entre a disciplina de Física e Artes. 12 alunos (34,3%) disseram que sim, há possibilidade, e deram como exemplos de associação através de desenhos geométricos, música, óptica geométrica, pintura e arquitetura. 14 alunos (40,0%) responderam talvez e 9 estudantes (25,7%) falaram que não há como associar. Nessa questão, percebemos um fracionamento de respostas, já que foram quantidades relevantes para cada concepção. Isso mostra que alguns dos estudantes não estavam familiarizados com a metodologia interdisciplinar. Então, remete ao fato que os professores podem não ter explorado esse tipo de metodologia ou trabalharam minimamente com tal conceito.

Figura 11. Resposta da questão 2, primeiro teste.

2- Considera possível associar os conteúdos da disciplina de Física com a disciplina de Artes?
 Sim (x) Talvez () Não ()

Diga um exemplo do campo das artes que pode ser relacionado aos ensinamentos da Física:

A música por exemplo se relaciona muito bem
com a física, as ondas sonoras musicais

Fonte: o autor (2017).

Na tocante, a questão 3 perguntou se é possível uma onda sonora se propagar no vácuo. Essa questão não pede comentários aos estudantes, então eles responderam sim, talvez e não. Nesta questão 19 (54,3%) responderam que sim, 12 (34,3%) que talvez, 2 (5,7%) que não e 2 (5,7%) alunos não responderam. Quando falamos em vácuo, consideramos o espaço vazio, ou seja, sem matéria. Ficou evidente que grande parte da turma não tinha um conhecimento científico sobre as ondas sonoras, que são ondas mecânicas. Ficou clara a relevância de uma intervenção acerca desse assunto para enriquecer o conhecimento dos estudantes sobre as ondas mecânicas.

Na quarta questão, indaga-se a relação existente entre ondas sonoras e Música. 33 alunos (94,3%) declararam que sim, 2 (5,7%) responderam que não. Podemos usar como exemplos dois comentários favoráveis, esses que estão logo abaixo, pois as respostas da totalidade da turma foram bem similares a essas.

Figura 12. Resposta da questão 4, primeiro teste.

4- Você consegue ver uma relação entre Música e Ondas sonoras?
 Sim (X) Não ()

Explique:

As ondas sonoras se propagam no vácuo onde cada tom gera um som diferente.

Fonte: o autor (2017).

Muitos alunos conseguem ver uma relação entre Música e Ondas Sonora. Eles também deram exemplos significativos que têm relação com o assunto, como mostram as figuras 6 e 7.

Figura 13. Resposta da questão 4, primeiro teste.

4- Você consegue ver uma relação entre Música e Ondas sonoras?
 Sim (X) Não ()

Explique:
 Por atrair as ondas sonoras a música chega nos
 nossos ouvidos.

Fonte: o autor (2017).

Porém, nem todos consideraram a possibilidade de associação entre Física e Artes. Houve assim um confronto de ideias, pois como a Música é uma forma de expressão artística, eles não fizeram essa consideração. Portanto, a mudança conceitual se faz necessária e deve ter o objetivo de fortalecer a ideia que Música faz parte da disciplina de Artes. Dessa forma o professor deverá explorar com mais detalhes as possibilidades de associação de tais disciplinas para fortalecer as ideias de que uma área pode está ligada a outra, isto é, elas podem se complementarem.

No final do primeiro teste, a quinta questão pediu para os alunos enumerarem os itens correspondentes a timbre, intensidade e altura. Somente 4 alunos (11,4%) do total responderam à sequência corretamente. Isso mostra que o conhecimento das qualidades fisiológicas do som tem que ser explorada com mais vigor, pois são assuntos de extrema importância no estudo da acústica. 18 alunos (51,4%) acertaram somente o item correspondente à intensidade, 3 (8,6%) acertaram somente o item que fala sobre altura e 10 (28,6%) não conseguiram acertar nenhum item.

Esse teste, no geral, mostrou que diversos estudantes tinham uma ideia de corriqueira sobre a relação de Física e Arte, ondas sonoras, música e ressonância do som. Então, vimos que era primordial aplicar uma aula que explorasse de maneira concisa e objetiva os conceitos científicos e evidenciar que é possível haver uma associação entre Física e Arte, por meio dos estudos das ondas sonoras e música. Pois, o estudo da Física não pode ser visto com restrição diante de outras disciplinas. Ele deve ser sempre estimulado e associado a campos diversos do saber.

Após a explanação da aula interdisciplinar e exposição do experimento didático, um segundo teste foi aplicado, no final da segunda aula, para a mesma quantidade de alunos. Este serviu para tirar as conclusões sobre a intervenção, em relação à mudança conceitual e a aquisição de novos conhecimentos. Porque, como foi visto, no primeiro teste houve algumas discrepâncias em relação a conceitos básicos de Física.

Na sequência, estão as respostas das questões e uma análise crítica dos resultados.

SEGUNDO TESTE

A questão 1 faz referência a metodologia interdisciplinar, ela pergunta se essa metodologia é relevante para a formação escolar dos alunos. 28 alunos (80%) dos estudantes responderam que sim, 2 alunos (5.7%) disseram talvez, 4 alunos (11,4%) responderam não e 1 aluno (2,9%) não responderam. Constatamos que a grande maioria dos estudantes notou a importância da interdisciplinaridade nos seus estudos. Esse resultado se deve à aula expositiva com o uso da metodologia interdisciplinar. Após a sua aplicação, eles viram que a associação de disciplinas é sempre benéfica na aquisição de conhecimentos. Entre os comentários, podemos destacar, nas palavras dos alunos, que é possível haver uma prática interdisciplinar entre Física e Matemática, Física e Arte, História e Geografia, Química e Biologia e outras.

Figura 14. Resposta da questão 1, segundo teste.

1- Você considera aulas interdisciplinares, que misturam na mesma aula conteúdos de diferentes matérias, relevantes para a sua formação escolar?

Sim (X) Talvez () Não ()

Diga exemplos de conteúdos de diferentes matérias que poderiam ser estudados de forma combinada:

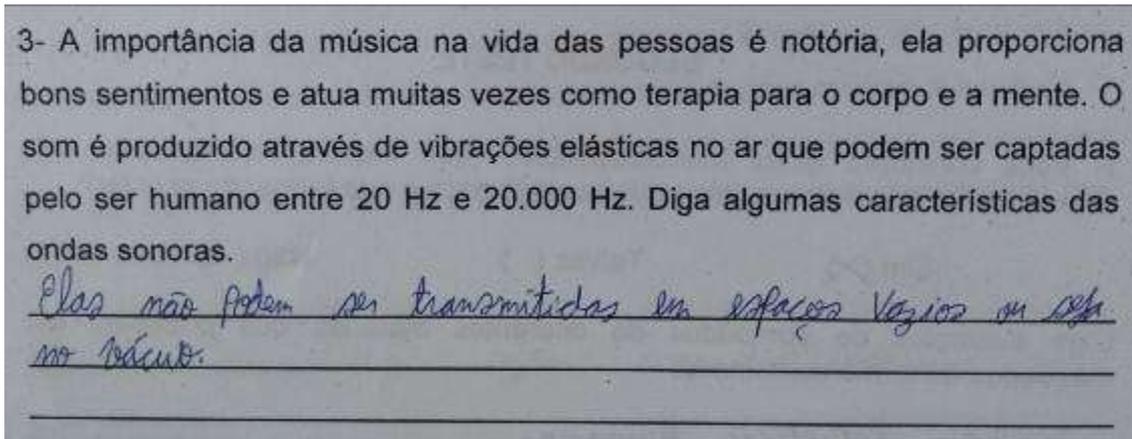
Matemática com física; biologia com química; português com literatura; história com geografia.

Fonte: o autor (2017).

Para a questão 2, pedimos que eles marcassem a(as) metodologia(as) que mais os interessam. 3 alunos (8,6%) escolheram as metodologias com aulas expositivas, interdisciplinares, experimentais e com recursos tecnológicos, 5 alunos (14,4%) marcaram aulas interdisciplinares, experimentais e recursos tecnológicos, 2 alunos (5,7%) responderam que gostam de aulas interdisciplinares, com recursos tecnológicos e lúdicas, 3 alunos (8,6%) disseram que preferem aulas interdisciplinares, experimentais, com recursos tecnológicos e lúdicas, 2 alunos (5,7%) preferem as aulas interdisciplinares e experimentais, 3 alunos (8,6%) escolheram aulas interdisciplinares, experimentais e lúdicas, 1 aluno (2,8%) prefere aulas interdisciplinares e com recursos tecnológicos, 1 aluno (2,8%) escolheu aulas expositivas, interdisciplinares e com recursos tecnológicos, 1 aluno (2,8%) escolheu somente aulas interdisciplinares, 1 aluno (2,8%) escolheu unicamente aulas experimentais e 13 alunos (37,2%) responderam que se interessam por todas as metodologias anteriores. Eles podiam marcar mais de uma alternativa. Notamos que a interdisciplinaridade foi a mais escolhida, talvez por causa das aulas interdisciplinares que aplicamos, em seguida vem as aulas que usam experimentos didáticos e recursos tecnológicos. As aulas lúdicas e expositivas obtiveram os menores índices de aprovação. Isso mostra que os professores devem sempre buscar meios alternativos para colaborar na aprendizagem e motivar os estudantes. Portanto, de acordo com os dados, o modo interdisciplinar de associar Física e Música chamou bastante à atenção do alunado.

Já a terceira questão pediu para os estudantes expor algumas características das ondas sonoras. 2 (5,7%) alunos disseram que as ondas sonoras são caracterizadas como grandeza física, 3 (8,5%) alunos consideraram as ondas sonoras como terapia para o corpo, 2 (5,7%) disseram que são compostas por vibrações, 8 (22,9%) alunos comentaram que apresentam variações em timbre, altura e intensidade, 8 (22,9%) estudantes deixaram em branco ou não deram uma resposta condizente com o enunciado. Agora o mais interessante, 12 (34,3%) alunos relataram que as ondas sonoras não podem ser transmitidas/propagadas no espaço vazio, ou seja, no vácuo.

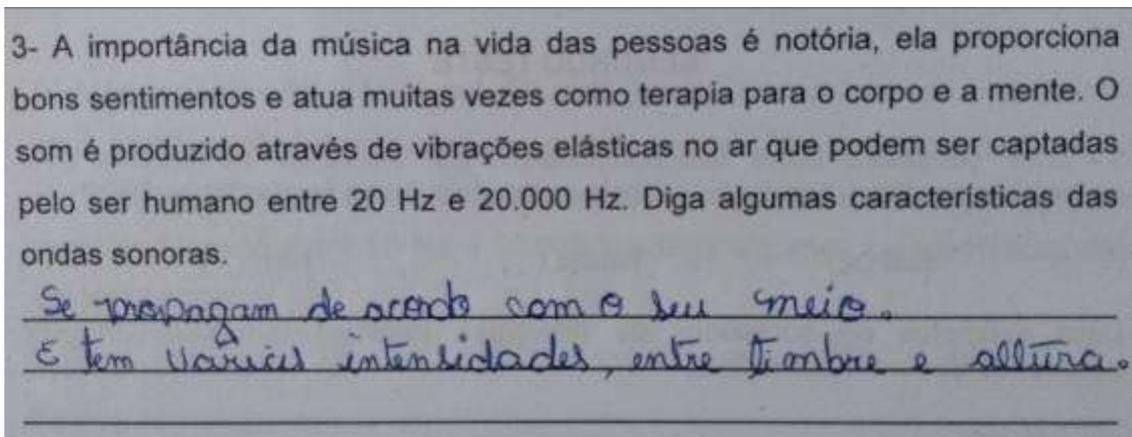
Figura 15. Resposta da questão 3, segundo teste.



Fonte: o autor (2017).

Nessa resposta da figura 9, fica evidente que houve uma mudança conceitual sobre o assunto na estrutura cognitiva dos alunos. Pois na questão 3 do primeiro teste, que fala sobre a propagação do som no vácuo, poucos estudantes responderam-na corretamente. Veja abaixo mais outra resposta.

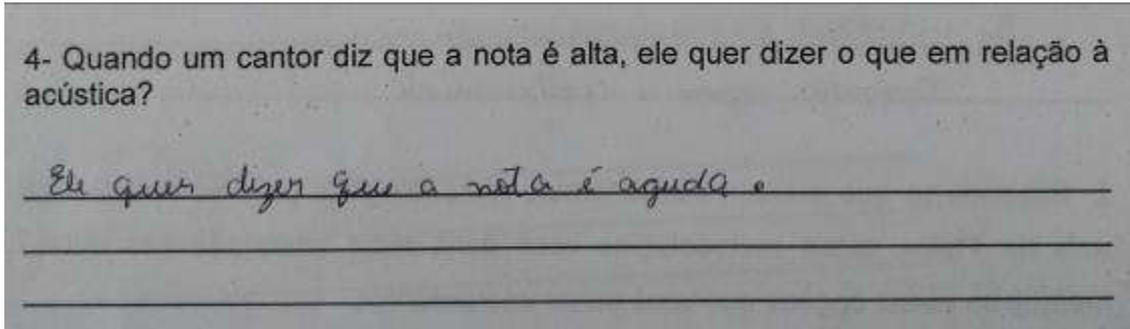
Figura 16. Resposta da questão 3, segundo teste.



Fonte: o autor (2017).

A questão 4 é mais relacionada com os estudos da música, ela explora o significado de uma nota ser alta para um cantor. 28 (80,0%) estudantes conseguiram trazer argumentos significativos sobre a acústica. Logo abaixo, encontram-se dois comentários que servem como referência para as outras respostas.

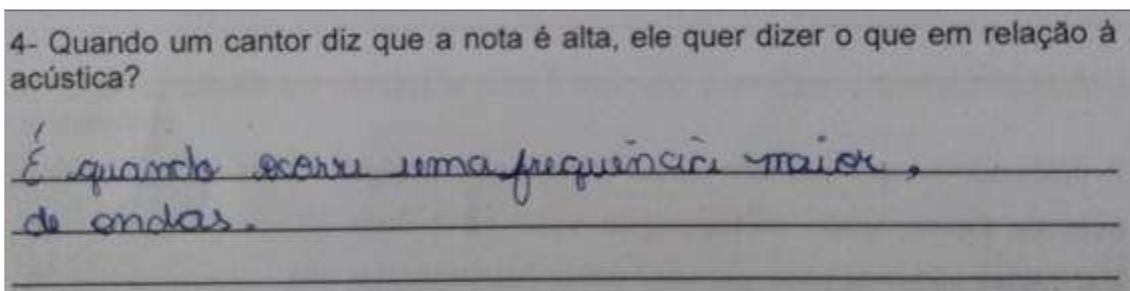
Figura 17. Resposta da questão 4, segundo teste.



Fonte: o autor (2017).

Na figura 11 o aluno aprendeu que a relação de “altura” está relacionada com o som ser agudo ou grave. Esses termos são bastante propagados no meio artístico. Pois caracteriza a possibilidade de uma fonte sonora alcançar determinada nota musical.

Figura 18. Resposta da questão 4, segundo teste.



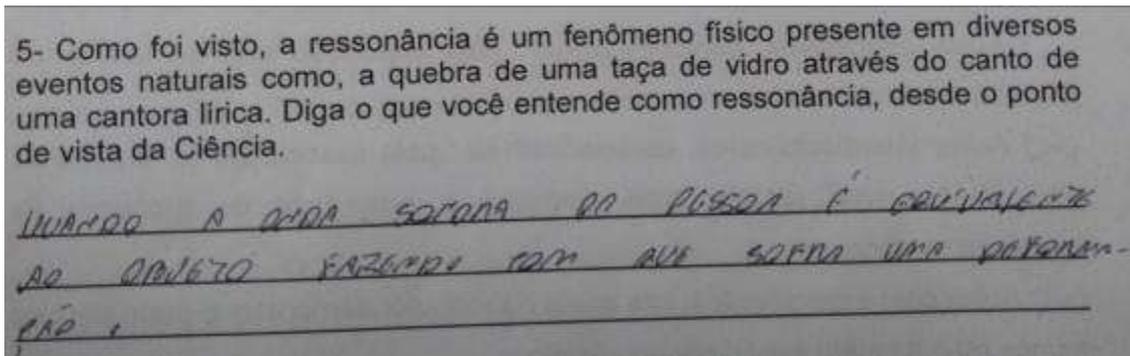
Fonte: o autor (2017).

Nessa mesma questão, 2 (5,7%) alunos não quiseram responder e 5 (14,3%) fizeram uma inversão de ideias, pois eles disseram que as notas altas são alcançadas pelos graves. Como foi um assunto novo para eles, acreditamos que no geral os resultados foram gratificantes.

Por fim, a quinta questão apresentou repostas diversas, tendo em vista que, ainda hoje, o assunto de ressonância de ondas sonoras é pouco visto nas escolas de ensino regular ou é apresentado de modo vago, sem conexão com o dia a dia. Assim, 6 alunos (17,1%) não responderam. 8 (22,8%) disseram, com suas palavras, que a ressonância são vibrações transmitidas pelo ar. 15 alunos (43,0%) responderam que ressonância ocorre quando uma frequência natural se iguala a outra, fazendo com que a primeira aumente sua amplitude de oscilação. 6 (17,1%) relacionaram a ressonância com o agudo. Então, a turma ficou dividida em suas respostas, muitos alunos não conseguiram formular uma resposta compatível com o

assunto. Isso pode ter acontecido diante do fato que eles não tiveram um conhecimento prévio suficiente capaz de estruturar respostas apoiadas na ciência. Entendemos que tais estudos devem ser mais explorados pelo professor da disciplina.

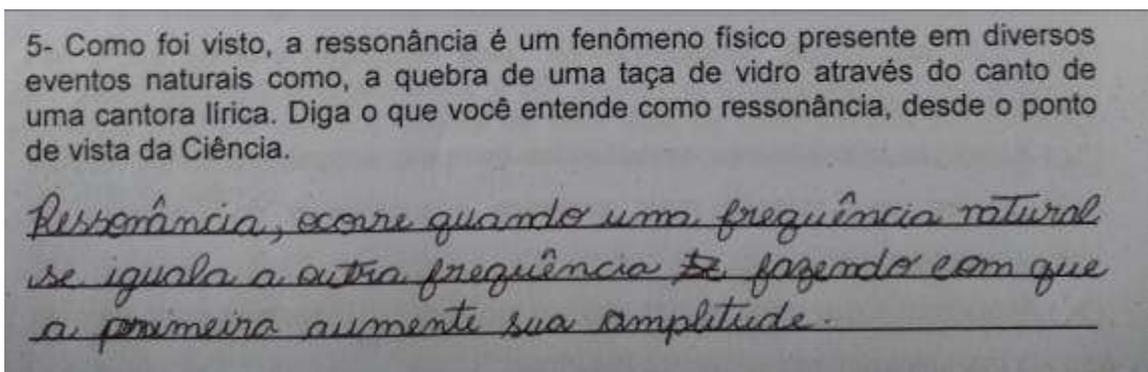
Figura 19. Resposta da questão 5, segundo teste.



Fonte: o autor (2017).

Contudo, notamos que 15 estudantes elaboraram respostas que se aproximam cientificamente do conceito abordado. Logo, vimos isso como um fato positivo na construção do conhecimento sobre os estudos da ressonância e ondas estacionárias.

Figura 20. Resposta da questão 5, segundo teste.



Fonte: o autor (2017).

De modo geral, percebemos um ganho de conhecimento quando comparamos as respostas do primeiro teste com as do segundo, pois neste último inferimos que os argumentos dos estudantes estavam com maior coerência e clareza diante dos assuntos. Se antes o conhecimento sobre ondas sonoras e

música era insipiente, depois dessas aulas interdisciplinares houve uma evolução na aprendizagem, ficando-o mais sábio. Então a metodologia interdisciplinar foi muito proveitosa nessa turma, pois as evidências de ganho de conhecimento e interesse pela aula foram bastante expressivas. Vale destacar que, entre as aulas, percebemos que os estudantes evoluíram no sentido de participação e nível de aprendizagem, pois eles se engajaram mais nos estudos, aumentando de nível gradativamente de acordo com a temática Física e Música.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho evidencia a contribuição realizada pelo processo de interdisciplinaridade entre Física e Arte (Música), que nos permitiu refletir sobre a relevância que essa metodologia tem no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que os estudantes se postaram motivados e interessados ao aprendizado e permitiram-se refletir e alterar o conhecimento existente, vindo do cotidiano, em favor de um conhecimento científico. Logo, a inter-relação entre Física e Arte, no ambiente escolar, foi acompanhada por um sentimento de prazer em estudar assuntos tão envolventes que fazem parte do repertório cotidiano da ciência.

Após as aulas, a noção que é possível associar disciplinas, antes vistas de maneira isoladas, foi observada diante de uma boa experiência didática em associar Arte e Ciência. Outro fato relevante foi mostrar que a ciência está diretamente ligada aos fenômenos naturais que ocorrem na atualidade. De acordo com Pietrocola (1999, p. 220), “Incentivar os alunos a perceber que o conhecimento científico ensinado na escola serve como forma de interpretação do mundo que os cerca, seria uma forma de lidar com a dimensão de realidade do mundo”. Por outro lado, tem-se a contribuição das atividades do PIBID, que nos ajudam a aplicar aulas inovadoras no Ensino Médio e adquirir experiências didáticas capazes de mensurar novas habilidades no processo de ensino e aprendizagem.

Trabalhos como esse relatam a importância de usar metodologias modernas e exitosas para a efetivação do ensino de Física. Por meio dos testes e no decorrer das aulas, notamos uma melhoria na aprendizagem científica, pois ficou evidente que as ideias cognitivas dos estudantes ficaram mais claras e demonstraram maior engajamento em relação ao conhecimento dos assuntos abordados. Por exemplo, na questão 3, do primeiro teste, a grande maioria dos alunos, na ocasião, não possuíam uma ideia formada sobre a propagação do som no vácuo. Contudo, na questão 3, do segundo teste, que foi aplicado após a aula interdisciplinar, eles conseguiram reformular suas impressões sobre as ondas sonoras e apresentar respostas mais condizentes com a ciência, uma delas foi que o som não se propaga no vácuo. Assim, fica notória a evolução da aprendizagem, demonstrando a eficácia das aulas interdisciplinares.

Durante a aplicação do trabalho sentimos um grande envolvimento e entusiasmo dos estudantes em relação ao estudo da Música associado com a Física, pois trouxemos fatos da atualidade para a sala de aula, expressando que a Física não é uma matéria fictícia ou que não tem utilidade na vida das pessoas. A Física e a Música são campos do conhecimento que denotam bastante importância para a humanidade e contribuem para o conhecimento. Por fim, ao estudar disciplinas como essas, os alunos estão estudando o mundo natural. Portanto, a imaginação e criatividade ganha destaque, no sentido de oportunizar medidas de pensar um mundo mais saudável, seguro e com mais conhecimentos sobre a natureza, criando um bem estar social e formando cidadãos para o país.

REFERÊNCIAS

ANTÔNIO, Severino. **Educação e transdisciplinaridade**: a necessidade de uma nova "escuta poética", Editora Lucerna, Rio de Janeiro – RJ, 2002.

Blog: Azeheb Laboratório de Física. **Gerador de Onda Estacionária**. Disponível em: <<http://azeheb.com.br/blog/gerador-de-onda-estacionaria/>>. Acesso em 17 de Dezembro de 2017.

BORGES, A.T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL - SEMTEC/MEC, **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: SEMTEC/MEC, 1998.

_____. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Parte II - Linguagem Códigos e suas Tecnologias. Ministério da Educação. Brasília: MEC, 2000.

BRONOWSKI, Jacob. **O olho visionário: ensaios sobre arte, literatura e ciência**. Editora UNB, Brasília, 1998.

CARVALHO, A. M. P.; GARRIDO, E. **Reflexão sobre a prática e qualificação da formação inicial docente**. Cadernos de Pesquisa (Fundação Carlos Chagas), São Paulo, v. 107, p. 149-168, 1999.

DOMINGUES, Ivan. Em busca do método. In:_____. (Org.) **Conhecimento e transdisciplinaridade II**: aspectos metodológicos. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

FAZENDA, Ivani (org). **O que é interdisciplinaridade?**. São Paulo: Cortez, 2008.
FIGUEIRA-OLIVEIRA, D ; ROCQUE, L. L. ; ARAÚJO-JORGE, T. C. ; MEIRELLES, R. M. **Ciência e Arte: uma proposta de aprendizagem no âmbito do ensino de biociências e saúde**. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, 2007.

FOUREZ, G. **Fondements épistemologiques pour L'interdisciplinarité**. In: LENOIR, REY, FAZENDA. Les fondements de L'interdisciplinarité dans la formation à L'enseignement. Sherbrooke — Canadá: Editions du CRP/UNESCO, 2001.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 12ª edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.

FUSARI, M. F. R.; FERRAZ, M. E. C. T. **Arte na educação escolar**. Campinas: Cortez, 1992.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física 2 – Gravitação, Ondas e Termodinâmica**, LTC, 8ª Ed. 2009.

HEWSON, P. W.; THORLEY, N. R. **The conditions of conceptual change in the classroom.** International Journal of Science Education, v.11, p. 541-553, 1989.

KORTE, Gustavo. 2000. **Introdução a metodologia Transdisciplinar.** Disponível em <http://www.gustavokorte.com.br/publicacoes/Metodologia_Transdisciplinar.pdf>. Acessado em 14 de setembro de 2017.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa.** Editora UNB, Brasília, DF, 1999. 129p.

MORIN, Edgar. **A Religação dos Saberes: o desafio do século XXI.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

_____. Desafios da Transdisciplinaridade e da Complexidade. In: AUDY, J.L.N.; MOROSI, M.C. (org). **Inovação e Interdisciplinaridade na Universidade.** Edipucrs, Porto Alegre – RS, 2007. p. 22-28. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/inovacaoeinterdisciplinaridade.pdf> >. Acessado em 09 de setembro de 2017.

NICOLESCU, Basarab . **O manifesto da transdisciplinaridade.** São Paulo: Triom, 1999.

PIAGET, J. **Problemas gerais da investigação interdisciplinar e mecanismos comuns.** Lisboa, Bertrand, 1973.

PIETROCOLA, Maurício (Org.). **Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo.** In: Pietrocola, Maurício (org.). Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. Pp. 9-32.

REIS, J. C.; GUERRA, A.; BRAGA, M.. Ciência e arte: relações improváveis? **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 13, (suplemento), outubro, p.71-87, 2006.

SANT'ANNA, F. M.; ENRICONE, D.; ANDRÉ, L.; TURRA, C. M. **Planejamento de ensino e avaliação.** 11. ed. Porto Alegre: Sagra / DC Luzzatto, 1995.

SANTOMÉ, Jurjo T. **Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

Site: Como Aprender Tocar Violão. **Partes do violão.** Disponível em: <<http://comoaprendertocarviolao.com/partes-do-violao/>> Acesso em: 15 de dezembro de 2017.

Site: Nigel Stanford. **Cymatics.** Disponível em: <<http://nigelstanford.com>> Acesso em: 15 de dezembro de 2017.

TERRAZZAN, E. A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na Escola de 2º Grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média.
Tese de Doutorado em Educação, FEUSP, São Paulo, 1994.

_____, E; STRIEDER, D. M. Planejamentos Didáticos: Uma Agenda de
Investigação para o Ensino de Física Moderna na Escola Média. **Atas do XII SNEF.**
p. 606-613, Jan. 1997.

WILLIAMS, R. Palavras-chave: **um vocabulário de cultura e sociedade.** São
Paulo: Boitempo, 2007.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física II: Termodinâmica e ondas.** – 10^a
ed. – São Paulo : Addison Wesley, 2003.

ZABALA, Antoni. **Enfoque globalizador e pensamento complexo.** Porto Alegre:
Artmed, 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A - PRIMEIRO TESTE

1 - Você considera a Física importante para a sua formação escolar?

Sim ()

Não ()

Explique:

2- Considera possível associar os conteúdos da disciplina de Física com a disciplina de Artes?

Sim ()

Talvez ()

Não ()

Diga um exemplo do campo das artes que pode ser relacionado aos ensinamentos da Física:

3- Sabendo-se que as ondas sonoras, que são ondas mecânicas, não transportam matéria. Diga se é possível uma onda desse tipo se propagar no vácuo ou espaço vazio?

Sim ()

Talvez ()

Não ()

4- Você consegue ver uma relação entre Música e Ondas sonoras?

Sim ()

Não ()

Explique:

5- Enumere, de acordo com cada item, os termos correspondentes.

(1) Timbre (2) Intensidade (3) Altura

() Característica do som que está relacionada à energia de vibração da fonte que emite as ondas.

() Termo utilizado para definir se um som é agudo ou grave.

() Característica peculiar de cada som. Cada onda sonora apresenta um formato característico, que depende do material que produziu o som.

APÊNDICE B - SEGUNDO TESTE

1- Você considera aulas interdisciplinares, que misturam na mesma aula conteúdos de diferentes matérias, relevantes para a sua formação escolar?

Sim ()

Talvez ()

Não ()

Diga exemplos de conteúdos de diferentes matérias que poderiam ser estudados de forma combinada:

2- Sabendo-se que existem várias formas metodológicas para se aplicar uma aula de Física, quais metodologias você acha mais adequada nas aulas? Marque as várias opções que você achar interessantes.

() Aulas expositivas, caracterizam-se pela exposição oral ou escrita do conteúdo pelo professor;

() Aulas Interdisciplinares, caracterizam-se pela associação de disciplinas para se ter uma relação mais dinâmica e proveitosa do processo de ensino/aprendizagem;

() Aulas com experimentos, nas quais o professor demonstra e pede para os alunos manusearem experimentos didáticos;

() Aulas com recursos tecnológicos, caracterizam-se pelo uso de Datashow, vídeos, robótica e etc;

() Aulas lúdicas, caracterizam-se pelo uso de jogos que contribuem na aprendizagem;

() Aulas com todos os recursos anteriores utilizados simultaneamente.

Caso queira expor outras metodologias:

3- A importância da música na vida das pessoas é notória, ela proporciona bons sentimentos e atua muitas vezes como terapia para o corpo e a mente. O som é produzido através de vibrações elásticas no ar que podem ser captadas pelo ser humano entre 20 Hz e 20.000 Hz. Diga algumas características das ondas sonoras.

4- Quando um cantor diz que a nota é alta, ele quer dizer o que em relação à acústica?

5- Como foi visto, a ressonância é um fenômeno físico presente em diversos eventos naturais como, a quebra de uma taça de vidro através do canto de uma cantora lírica. Diga o que você entende como ressonância, desde o ponto de vista da Ciência.
