

Uso de Ferramentas Midiáticas e Práticas no Ensino de Acústica no Sentido da Aprendizagem Significativa

Antônio Mattos Neto e Marcos José Nepomuceno dos Santos
Especialização em Ensino de Física, Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua

Carlos Alberto Brito da Silva Júnior
Faculdade de Física, Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua

Resumo — Sabendo da dificuldade que os estudantes têm na prova de Física do *Exame Nacional do Ensino Médio* (ENEM) por apresentar deficiências nas habilidades exigidas pelo exame, de acordo com os *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio* (PCNEM), em Física, que são: *Conhecer, Compreender, Aplicar, Analisar e Sintetizar conceitos relacionados à Física*. Sendo assim, buscamos neste artigo apresentar uma proposta de aula em que os alunos possam construir significados sobre os conceitos relacionados ao estudo das ondas sonoras (Acústica) e seus fenômenos, utilizando nas aulas, ferramentas midiáticas e práticas, com o uso de vídeos, animações, simulações, equipamentos de medida e instrumentos musicais. Sendo assim, o conteúdo foi trabalhado na Escola de Aplicação da UFPa, em 5 turmas do 2º ano do Ensino Médio, que possui em média 26 alunos por turma. O referencial teórico é baseado na *Teoria da Aprendizagem Significativa* (TAS) de D. Ausubel usando a metodologia de construção de *Mapas Conceituais* e questionários. De modo que os conceitos abordados em sala foram internalizados no desenvolvimento cognitivo do aluno com o uso dessas ferramentas.

Palavras-chave — PCNEM, ENEM, Acústica, Ferramentas Midiáticas, TAS e Mapas Conceituais.

I. INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências Naturais até o ano de 1961 era ministrado apenas no 8º e 9º ano do Ensino Fundamental. Com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) nº 4024/61 o ensino de Ciências passou a ser ensinado desde o 6º até o 9º ano e em 1971 passou a ser obrigatório do 2º ao 9º ano do Ensino Fundamental.

Com o passar dos anos, além das modificações mostradas acima, foram discutidos e repensados os temas abordados e a maneira como os professores deveriam ministrar as aulas. E com o intuito de nortear o currículo e seus conteúdos mínimos, bem como orientar as ações educativas do ensino obrigatório, foram elaborados, em 1997, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) [1, 2].

Face aos resultados do Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes (PISA) de Ciências 2015 que tem como categorias de referências (competências científicas, tipos de conhecimento e sistemas de conteúdos), para os alunos até os 15 anos de idade do Ensino Fundamental de 13

países, os jovens brasileiros tiveram um desempenho de 401 pontos ficando acima apenas dos estudantes peruanos, ver Tabelas 1 e 2 (em negrito) com o desempenho dos jovens brasileiros de 2006 a 2015 [3]:

TABELA 1

DESEMPENHO DOS JOVENS BRASILEIROS NO PISA POR EDIÇÃO [3]				
Anos	2006	2009	2012	2015
Alunos Participantes	9.295	20.127	19.204	23.141
Ciências (pontuação)	390	405	402	401

TABELA 2

DESEMPENHO DOS JOVENS NO PISA DE CIÊNCIAS POR EDIÇÃO [3]				
Países	2006	2009	2012	2015
Finlândia	563	554	545	531
Canadá	534	529	522	528
Coreia do Sul	522	538	538	516
Portugal	474	493	489	501
E.U.A	489	502	497	496
Espanha	488	488	494	493
Chile	438	447	445	447
Uruguai	428	427	416	435
Costa Rica	-	430	429	420
Colômbia	388	402	399	416
México	410	416	415	416
Brasil	390	405	402	401
Peru	-	369	373	397
República Dominicana	-	-	-	332

Sendo assim, surge o seguinte questionamento: *Há um déficit de temas que abordam a Física já nos primeiros anos do Ensino Fundamental que possa ser uma potencial contribuição para o baixo índice de alto desempenho na área científica ao chegar no Ensino Médio?* [1] Harlen acusa como consequência o estudo tardio de Ciências nas escolas [4]. O PISA acusa a falta de recursos educacionais escolares de qualidade, onde se enquadram os livros didáticos e a qualificação dos docentes [1, 3].

Entretanto, desde 1997, a Física está presente nos objetivos dos PCNs de Ciências Naturais do 1º ao 4º ciclo do Ensino Fundamental cujos *blocos temáticos ou eixos* são Ambiente (ou Vida e Ambiente); Ser Humano e Saúde; Recursos Tecnológicos (Tecnologia e Sociedade); e Terra e Universo. Porém, é no 2º ciclo, corresponde ao 4º e 5º ano do Ensino Fundamental I, dos PCNs de Ciências Naturais no eixo Recursos Tecnológicos que encontra-se o objetivo relacionado a Acústica (estudo do som): *Identificar diferentes*

manifestações de energia ã luz, calor, eletricidade e **som** ã reconhecer alguns processos de transformação de energia na natureza e por meio de recursos tecnológicos [2]. Porém, Medeiros e Loos apresentam o resultado da avaliação dos livros didáticos (Programa Nacional de Livros Didáticos, PNLD) para o Ensino Fundamental do 2º ao 5º ano (PNLD 2016 - Ciências) e 6º ao 9º ano (PNLD 2017 - Ciências) para os temas de Física (no caso, Acústica) e compara com os objetivos dos PCNs de Ciências Naturais, como pode ser visto na Tabela 3 abaixo, onde observamos que nos PCNs de Ciências Naturais não deveriam ter o tema Acústica no 1º ciclo, mas o PNLD 2016 encontrou 5 LDs dos 29 LDs avaliados. Entretanto, de 13 LDs no 2º ciclo foi encontrado 3 LDs que tem o tema Acústica. Dos 13 LDs do 3º e 4º ciclo foram encontrados 9 LDs do 4º ciclo que tem o tema Acústica. A análise do PNLD mostrou que há uma priorização de conteúdos de Biologia e Saúde, com menor ênfase dos tópicos de Física, onde o tópico de Acústica que é objeto de estudo deste artigo apresenta apenas uma introdução aos conceitos. Os resultados mostraram dissonância entre PCNs e PNLD e apontam para uma atitude nesse sentido [1].

TABELA 3
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PCN E PNLD PARA O TEMA ACÚSTICA [1]

Ciclos	Número de LDs
1º Ciclo	5
2º Ciclo	3
3º Ciclo	0
4º Ciclo	9

E se a avaliação do PNLD contemplasse os temas de Física (no caso, Acústica) do PCNs? Será que os professores estariam preparados para ensinar Física no Ensino Fundamental e oferecer do ponto de vista conceitual um ensino de alta qualidade?

Observa-se que as ementas dos cursos de:

- 1- Pedagogia (forma professores de 1º ao 5º ano): apresentam 1 ou 2 disciplinas que tratam de ciências física (Astronomia), porém abordam mais o quesito didático (como ensinar) do que o campo conceitual (o que ensinar);
- 2- Licenciatura em Ciências Naturais ou Ciências Biológicas (forma professores de 6º ao 9º ano): 2 disciplinas que abordam Mecânica (inclui também a Astronomia), Óptica, Termodinâmica e Eletromagnetismo.

Outro fato importante é que há poucas propostas experimentais para o ensino de Física nos 29 livros analisados no PNLD 2016 e 13 no PNLD 2017. Enfim, verifica-se a necessidade de se elaborar um material didático-científico que auxilie os professores do Ensino Fundamental a ensinar Física dentro da área de Ciências e uma abordagem melhor dos conteúdos por esses professores, com o intuito de melhorar os resultados do PISA de Ciências em 2018 e preparar melhor esses alunos para a Física do Ensino Médio [1].

No caso do Ensino Médio os resultados não podem ser diferentes e são baseados no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) que nos 10 primeiros anos eram 5 questões de Física por prova mais simples com gráficos, interpretação de texto e pouca relação matemática, mas ele foi reformulado em 2009 e a prova passou a ter 15 questões contextualizadas em situações-problemas do cotidiano do estudante e relacionam os conteúdos de Física com habilidades e competências dos PCNEM+, costumam abordar as aplicações da Física nas diversas áreas do conhecimento (Medicina, Engenharias, etc.), a interdisciplinaridade, a multidisciplinaridade e a transposição didática (quando o objeto de estudo é um objeto

do cotidiano, como exemplo o celular, etc.). As habilidades alteraram as estruturas das questões que podem ser explicadas por uma pirâmide baseada na Taxonomia de Bloom (topo da pirâmide, alto grau de dificuldade - Avaliar e Sintetizar; no meio da pirâmide, médio grau de dificuldade - Analisar e Aplicar; e por fim, na base da pirâmide, baixo grau de dificuldade - Compreender e Conhecer), muito utilizada por profissionais da área de educação para medir o nível de dificuldade das questões. As competências no ENEM são:

- 1- dominar diferentes línguas;
- 2- compreender processos;
- 3- diagnosticar e enfrentar problemas reais;
- 4- construir argumentações;
- 5- elaborar proposições solidárias.

Essas competências se relacionam com as do PCNEM+:

- 1- comunicar e representar (converge com a área de Linguagens e Códigos);
- 2- investigar e compreender (converge com a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias);
- 3- contextualizar social e historicamente os conhecimentos (converge com a área de Humanas).

Os temas estruturadores (ou temáticos) do PCNEM+ no ensino de Física Médio são:

- 1- Movimentos: Variações e Conservações;
- 2- Calor, Ambiente e Uso de Energia;
- 3- Som, Imagem e Informação;
- 4- Equipamentos Elétricos e Telecomunicações;
- 5- Matéria e Radiação;
- 6- Universo, Terra e Vida.

Cada um desses temas não pode ser estudado isoladamente, já que há inúmeras sobreposições (multidisciplinaridade) e inter-relações (interdisciplinaridade) entre os objetos que se pretende estudar, bem como se manifestam no cotidiano (contextualização, mundo vivencial) do aluno [5-7]. O tema Acústica (Fenômenos Ondulatórios) é bastante recorrente a partir das mudanças de 2009 [8].

A disciplina de Física do 2º ano do Ensino Médio apresenta um extenso elenco de conteúdos programáticos, que em linhas gerais, são desenvolvidos a partir das unidades de Fluidos (Hidrostática e Hidrodinâmica), Termodinâmica (Termometria e Calorimetria), Ondulatória (Oscilações Mecânicas, Ondas em Meios Elásticos e Sonoros) e Óptica (Geométrica e Física) [8-10]. Entretanto, na maioria das vezes, o estudo de Ondas Sonoras (Acústica) não é abordado adequadamente ou é o último assunto previsto no cronograma letivo. Nesta segunda situação, o cenário é desfavorável, pois poucas aulas são destinadas a esse tema, sendo geralmente abordado por meio de aulas expositivas, as quais se restringem as definições de conceitos físicos e a formalização matemática [10].

Essa abordagem e descontextualizada pode dificultar que o aluno perceba a presença das ondas sonoras nas situações vivenciais do seu dia-a-dia, como o som emitido em um show de rock ou em seu fone de ouvido. Nesse contexto, Correia *et al.* propõe uma das possíveis maneiras de se estabelecer conexões entre a Física do Som (Acústica) e seus aspectos presente no cotidiano e propor atividades de ensino que envolvam o uso de Textos de Divulgação Científica (TDC) [8]. Porém, o foco deste artigo é a análise de uma atividade de ensino que prevê o uso de ferramentas midiáticas e práticas no ensino de Acústica no sentido da Teoria da Aprendizagem (TAS) por meio de Mapas Conceituais (MC) e aplicação de questionário, antes e após, dessa atividade.

II. REFERÊNCIAL TEÓRICO

A Ondulatória é a parte da Física que compreende o estudo das Oscilações Mecânicas, Ondas em Meios Elásticos e Sonoros. A este último deve-se o estudo deste artigo.

Desta forma, o ramo da Física que estuda as ondas sonoras (o som) é denominado Acústica. E. F. F. Chladni (1774-1827) é considerado o ópai da Acústica por seus trabalhos sobre a física do som e a música [11]. Fenômenos associados a oscilações e ondas podem ser encontrados em qualquer tipo de instrumentos musicais (violão, guitarra [12], flauta [13], violino [14], etc.), voz humana, motores (carros, aviões, etc.) ou natureza que nossos ouvidos [15] tenham ou não a capacidade de ouvir. Esse ramo da Física possui várias aplicações, dentro da engenharia, geologia, medicina, arquitetura, música [16], etc. Sendo assim, estamos imersos no estudo das ondas sonoras, pois estamos constantemente rodeados por sons de toda natureza.

Além disso, é um assunto intimamente ligado ao próprio ser humano, pois possuímos em nosso corpo estruturas que funcionam como óinstrumentos musicais capaz de produzir som, que é o caso de nossas cordas vocais, bem como somos capazes também de sentir e identificar a vibração gerada por outras fontes sonoras por meio de nosso sistema auditivo que pode ser comparado a um tubo sonoro contendo estruturas que vibram e provocam o fenômeno ondulatório de ressonância [15].

Nesse sentido, acreditamos que seria muito enriquecedor utilizar nas aulas de Acústica, em sala de aula, recursos midiáticos e práticos que produzam som ou que tenham relação com ele, para que os estudantes possam compreender com mais facilidade os conceitos físicos envolvidos no estudo do som e os relacionem com situações reais do nosso dia-a-dia, sem a necessidade de estar em um laboratório de física, fugindo dessa forma de aula simplesmente teórica por meio de preenchimento das atividades de um roteiro de experiências, baseada em aprendizagem tradicional ou mecânica, em que o professor apenas expõe os assuntos e o aluno observa, sem participação ativa na aula.

Segundo as Refs. [17,18], os experimentos de ciências físicas aguçam o interesse das pessoas. Os experimentos ou práticas em sala proporcionam aos alunos a verificação da origem de diferentes maneiras de aprendizagem na disciplina a ser ministrada, despertando assim no aluno a participação, a curiosidade e a discussão do assunto tratado, assim, contribuindo para um aprendizado mais significativo.

Buscamos desenvolver uma aula contextualizada ao cotidiano do aluno e direcionada para a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, em que o aluno participa da construção do conhecimento que está sendo tratado.

De acordo com Ausubel *et al.* [19, 20] descrevem que a:

"essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não-litera) e não-arbitrária, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (i.e., um subsunçor) que pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição já significativa".

O papel do professor e da escola, conforme está

estabelecido nos PCN's é: ópromover o questionamento, o debate, a investigação, visando o entendimento da ciência como construção histórica e como saber prático, superando as limitações do ensino passivo, fundado na memorização de definições e de classificações sem qualquer sentido para o aluno [21].

Nesse sentido utilizamos nas aulas de Acústica (estudo das ondas sonoras) ferramentas midiáticas, práticas, e construção de mapa conceitual para que o aluno pudesse Conhecer, Compreender, Aplicar, Analisar e Sintetizar conceitos desse assunto [21] e ser capaz de aprender de forma significativa por meio da estimulação dos sentidos visuais e auditivos para se distanciar de uma aprendizagem mecânica [19, 20].

Os recursos midiáticos estão cada vez mais inseridos no nosso dia-a-dia, navegando um pouco pela internet, nos depararmos com uma gama de software livre, experimentos desenvolvidos por universidades, filmes, animações de cunho didático, etc, que podem ser utilizados para auxiliar e facilitar no processo de aprendizagem do aluno, de forma que ele possa fazer a contextualização do que está aprendendo, e assim, desenvolver a construção do conhecimento em seu sistema cognitivo.

As mídias são aliados primordiais para que ocorra produção, desenvolvimento e uma intervenção no processo da aprendizagem de modo significativo e com eles a representação do conhecimento se torna viável, e com certeza mais ampla e estimulante, desenvolvendo potencialidades [22, 23].

Wilson descreve que:

ÓA produção de conteúdo e o uso das mídias devem promover uma pedagogia focada nos alunos, capaz de estimular a investigação e o pensamento reflexivo por parte dos estudantes. A aprendizagem prática é um importante aspecto da assimilação de conhecimentos no século XXI. A produção de conteúdo midiático proporciona uma via para que os estudantes familiarizem-se com a aprendizagem pela prática, por meio da produção de textos e imagens em um ambiente participativo. Os professores devem desempenhar um papel ativo nesse processo, para que os alunos possam desenvolver competências para a aprendizagem participativa [22].

O trecho abaixo do PCN, parte III, deixa claro a insatisfação de como a Física têm sido abordada, longe do ideal a ser praticado:

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento (...) Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais (...). [25]

Joseph D. Novak desenvolveu no início da década de 70, o conceito de Mapa Conceitual (MC), que é uma técnica (método) que reproduz esquematicamente conceitos e informações baseadas na TAS. A elaboração desses mapas estimula a busca por relações significativas diminuindo a ocorrência de aprendizagem mecânica.

III. METODOLOGIA

A Ondulatória é a parte da Física que estuda a onda, definindo-a, classificando-a e estudando as suas propriedades, ou seja, existe um alto grau de hierarquização conceitual na concepção desse campo do conhecimento da Física, sendo assim, a Ref. [24] utilizou a técnica de MC para avaliar o processo de ensino-aprendizagem do tema ondulatória, no qual os alunos construíram 3 MCs que envolve a ondulatória (ondas) de uma forma geral, entretanto apenas o MC de número 3 é que incluiu as ondas sonoras (som).

Cabe ressaltar nesse processo a importância do papel do professor na forma como vai abordar os conceitos envolvidos durante a apresentação das ferramentas midiáticas e práticas na sala de aula, direcionando-as para aguçar o pensamento e os questionamentos dos alunos, baseado no conhecimento prévio que eles já possuem ou conhecem do assunto (TAS), para não cair em uma aula meramente ilustrativa e formalista que não é o foco desse trabalho, por isso, foi passado aos alunos um questionário inicial para levantar o grau de conhecimento que eles possuíam do assunto em questão, para comparação com questionário a ser aplicado a posteriori e também foi pedido para que eles construíssem mapas conceituais sobre o tema Acústica (ondas sonoras ou som).

Sendo assim, aplicamos este trabalho na Escola de Aplicação da UFPa, no município de Belém-Pa, em 5 turmas do 2º ano do Ensino Médio, que possui em média 26 alunos por turma, com o objetivo de proporcionar a partir das necessidades dos alunos do Ensino Médio em cumprir as exigências referente as habilidades e competências do PCNEM+ da Física, em especial do assunto de Acústica (estudo do som), assunto muito explorado na prova do ENEM e cobrado de maneira bem analítica.

Desenvolvemos a pesquisa sobre o assunto Acústica (ondas sonoras, som) utilizando os seguintes materiais:

- 1- questionário antes e depois da apresentação das ferramentas;
- 2- ferramentas midiáticas: notebook e Data Show com vídeos, animações, simulações, celular, caixa de som amplificadora de 150W, fone de ouvido e microfone;
- 3- ferramentas práticas: instrumentos musicais (violão com cordas de nylon e flauta doce, etc.), equipamentos de medida de nível sonoro (decibelímetro) e frequências (diapasão digital e metálico), secador de cabelos e mini caixa de som feita com material de baixo custo (copos descartáveis de 300 ml e tubo de PVC de 10 cm).
- 4- construção de MCs: para facilitar a aprendizagem dos alunos e tornar mais atraente a disciplina para os alunos, visando que ocorra uma aprendizagem significativa.

Na primeira aula foi aplicada a metodologia de cunho qualitativo através de um questionário para levantar o grau de conhecimento dos alunos a respeito do tema Acústica, para futura comparação após o decorrer das aulas, contendo 6 perguntas objetivas/subjetivas:

1. É comum ouvirmos nos noticiários de televisão a abordagem sobre o tema Poluição Sonora? O que você entende sobre esse assunto?
2. Em relação ao estudo das ondas sonoras, você saberia explicar o que seria Timbre Sonoro?
3. Em relação ao conhecimento de acústica, diga o que você entende sobre o fenômeno do eco?
4. Qual das situações a seguir não é possível ocorrer no espaço sideral? Por quê?
I ã Explosões com barulhos;

II- Comunicação via rádio entre naves espaciais.

5. Num dia chuvoso, por que um raio é visto antes de escutarmos o trovão?

6. Você sabe explicar porque por cães, gatos, golfinhos parecem ter ouvido mais aguçado (sensível) que o ser humano?

A Fig. 1, mostra o questionário sendo aplicado numa das 5 turmas do 2º ano do Ensino Médio da Escola de Aplicação da UFPa.

Fig. 1- Aplicação do questionário numa turma de 2º ano.



A opção pelo questionário foi feita devido o fato dele proporcionar uma maior sistematização dos resultados fornecidos, permitindo assim, uma facilidade maior de análise e por reduzir o tempo necessário para a coleta e análise dos dados. As respostas são analisadas e interpretadas no tópico IV de Resultados e Discussões, sendo que a avaliação será feita através de uma nota média correspondentes as 6 questões aplicadas para a turma .

O conteúdo de Acústica foi apresentado inicialmente com um vídeo explorando efeitos produzidos pelas ondas sonoras no ambiente e no ser humano para estimular a curiosidade do aluno em saber o porquê de alguns fenômenos observados, em seguida buscou-se obter a resposta para a explicação desses fenômenos pelos próprios alunos, construindo isso junto com eles, de forma que relacionem os fenômenos com situações reais de seu cotidiano. Nesse ponto julgamos ser imprescindível a utilização das ferramentas midiáticas e práticas para estimular os sentidos visuais e auditivos dos mesmos para compreender o assunto, ao invés de uma aula teórica-explicativa tradicional ou mecânica. Ao longo de cada vídeo, animação ou situação prática, foram realizadas explicações e intervenções do professor para uma melhor compreensão dos alunos. Foi distribuído material texto do assunto para leitura e maior aprofundamento do assunto.

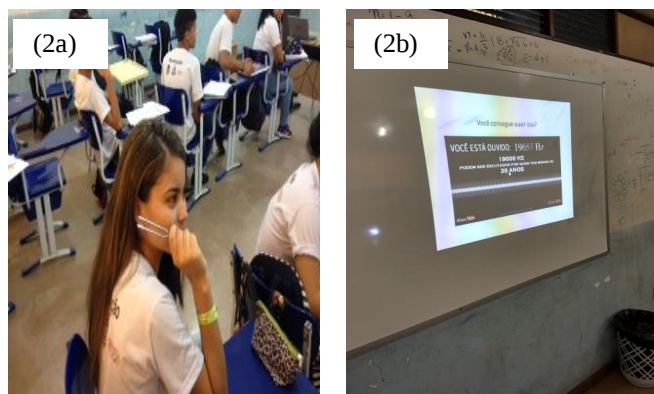
No decorrer das aulas foram explorados vídeos reais produzidos por Universidades e animações gráficas para dar suporte ao entendimento das propriedades fisiológicas do som (altura, timbre e intensidade), fenômenos que ocorrem com o som (reflexão (Eco e Reverberação), refração, difração, interferência de ondas e o Efeito Doppler), bem como o entendimento de conceitos como amplitude, comprimento de onda, período, frequência e velocidade da onda, sempre fazendo a contextualização (de situações do dia a dia como o debate a cerca da poluição sonora e aos males que provoca no sistema auditivo humano) e aplicação do estudo das ondas sonoras em outras áreas do conhecimento como a engenharia, medicina, astronomia, geologia e na música.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico serão apresentados os resultados da pesquisa, bem como as análises e interpretações dos resultados obtidos sobre o tema Acústica aplicado em 5 turmas do 2º ano do Ensino Médio da Escola de Aplicação da UFPa.

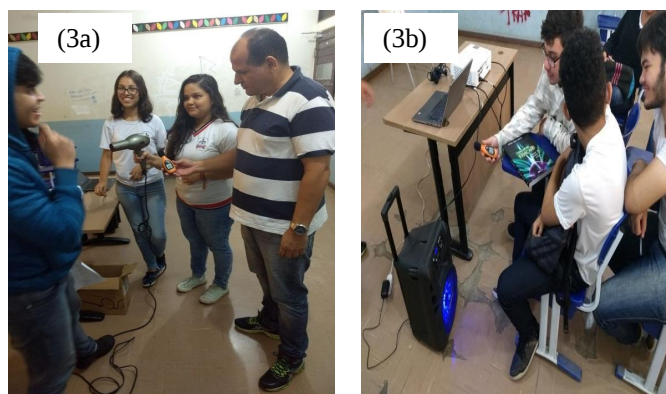
Na Figura 2, (a) a estudante pôde verificar na prática que uma estrutura submetida a uma vibração, no caso um diapasão metálico, produz som, que foi captado pelo seu sistema auditivo e (b) por meio do datashow e um software de simulação de frequência ligado a uma caixa de som amplificada foi percebido os limites de frequência que nossos ouvidos são capazes de escutar, de acordo com o espectro sonoro que vai de 20 Hz a 20.000 Hz.

Fig. 2 ã (a) Estudante observando o fenômeno com o diapasão metálico e (b) uso de mídia (datashow) para perceber os limites de frequência de 20Hz a 20000Hz.



Na Figura 3a-b foram realizadas leituras de nível de poluição sonora com o aparelho decibelímetro para entender a partir de qual nível de barulho os seres humanos começam a danificar seu sistema auditivo de acordo com a leitura do aparelho.

Fig. 3- Leitura do nível sonoro com decibelímetro no (a) secador de cabelo; (b) numa caixa de som.



Como a maioria dos alunos ouve música no celular usando fones de ouvido, foi realizada uma medida do nível sonoro na saída do fone com o decibelímetro e verificou-se um valor de até 92 decibéis, bem acima do limite máximo de exposição permitido que é de 85 decibéis para um período de 8 horas, conforme dispõe o Ministério do Trabalho. Assim, notou-se nos alunos preocupação quanto ao uso do dispositivo em escalas altas para o nível e intensidade sonora.

Utilizamos um violão para demonstrar na prática os conceitos e a diferença de som agudo (alta frequência) e som grave (baixa frequência), em que medimos a frequência de ressonância (f_n) nas cordas do violão como uma aplicação da equação de harmônicos em cordas vibrantes de Taylor dada

$$\text{por } f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}, \text{ onde a partir da tração da corda (T) nas}$$

tarraxas do braço do violão, do comprimento da corda (L), densidade linear da corda ($\mu = m/L$ é a relação entre massa e comprimento), nº do harmônico (n).

Na Fig. 4, demonstramos o significado de afinação de instrumento de cordas baseado na medição das frequências de ressonância de vibração das cordas, medidas pelo diapasão eletrônico embutido no violão e pelo diapasão digital.

Fig 4- Medida da f_n na prática com o diapasão do violão. Zoom no diapasão digital.



No Tabela 3 abaixo é mostrado o rendimento (notas) médio dos alunos das 5 turmas do 2º ano do Ensino Médio da Escola de Aplicação da UFPa das 6 questões do questionário, antes e depois, da apresentação do conteúdo usando as ferramentas midiáticas e práticas:

TABELA 3

RENDIMENTO DOS ALUNOS NO QUESTIONÁRIO ANTES E DEPOIS DA ATIVIDADE APLICADA NA SALA DE AULA NAS 5 TURMAS DO 2º ANO.

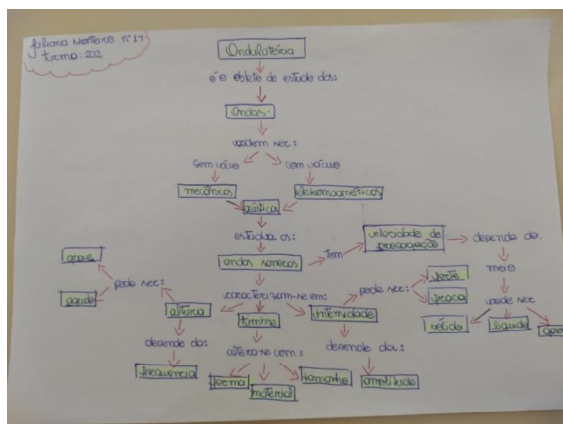
Questionário	TURMAS				
	201	202	203	204	205
Pontuação Antes	2,52	3,02	2,60	2,70	3,03
Pontuação Depois	6,98	6,43	5,80	7,80	6,90
Diferença	4,46	3,41	3,20	5,10	3,87
Percentual de Evolução	64%	53%	55%	56%	56%

De acordo com a Tabela 3, observa-se que o rendimento do questionário aplicado antes da apresentação das atividades com as ferramentas midiáticas e práticas dos alunos nas turmas do 2º ano correspondem a uma performance em ordem decrescente para as turmas 205 > 202 > 204 > 203 > 201 que em ordem de pontuação foi, respectivamente, igual a 3,03 > 3,02 > 2,70 > 2,60 > 2,52. Isto é, a turma 205 teve melhor performance, enquanto que a turma 201 teve pior rendimento na resolução das 6 questões do questionário aplicado. Após, a exposição das atividades houve uma mudança na ordem de desempenho das turmas, bem como uma evolução no aprendizado dos alunos de todas as turmas de 2º ano. Ou seja, a turma 204 > 201 > 205 > 202 > 203 com pontuação igual a 7,80 > 6,98 > 6,90 > 6,43 > 5,80. Entretanto, a diferença da pontuação antes e depois foi a turma 201 > 204 Õ 205 > 203 > 202, isto é, 4,46 > 5,10 > 3,87 > 3,41 > 3,20. Em cima dessa diferença encontramos a evolução no rendimento das turmas 64% > 56% Õ 56% >

55% > 53%.

Após o término das aulas através da exposição dos conteúdos de Acústica por meio das ferramentas midiáticas e práticas, os alunos produziram um Mapa Conceitual (MC) para servir de ferramenta de avaliação desse processo de aprendizagem. A Fig. 5 mostra o MC escolhido como destaque, ou seja, foi o que tirou maior pontuação na correção. Apesar de explicarmos o conceito de MC utilizando o software CmapTools, porém os alunos produziram seus MCs escritos a mão, pois a maioria deles não dispõem de computador, notebook e internet.

Fig. 5- MC construído pelos alunos do 2º ano do Ensino Médio da Escola de Aplicação da UFPa.



Na Tabela 4 abaixo é mostrado as notas (o rendimento) médias para cada turma ao produzir os MCs:

TABELA 4

RENDIMENTO DOS ALUNOS NAS 5 TURMAS DO 2º ANO COM RELAÇÃO A CONSTRUÇÃO DO MAPA CONCEITUAL NA SALA DE AULA.

	TURMAS				
Mapa Conceitual (MC)	201	202	203	204	205
Pontuação MC	9,35	8,30	8,40	8,60	8,40

De acordo com a Tabela 4, observa-se que o rendimento das notas dos alunos nas 5 turmas de 2º ano com respeito a produção de um MC foi $201 > 204 > 203 = 205 > 202$. Ou seja, a pontuação foi de $9,35 > 8,60 > 8,40 = 8,40 > 8,30$.

Observa-se que a turma 201 obteve maior evolução no rendimento do questionário, bem como na produção do MC. Da mesma forma, a turma 202 obteve menor evolução no rendimento do questionário, bem como na produção do MC.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que a utilização de ferramentas midiáticas e o uso de alguns equipamentos de apoio em sala de aula, aliada a uma aula bem contextualizada do assunto Acústica (ondas sonoras, som) com situações reais vivenciadas pelos estudantes e construção de MCs como ferramenta avaliativa do processo de aprendizagem dos alunos, proporcionaram um maior interesse dos alunos pelo assunto abordado, contribuindo para que os mesmos pudessem aprender de forma significativa, fato que pode ser observado pelo aumento do grau de rendimento na avaliação dos questionários aplicados em sala, conforme Tabela 3 e 4.

Destacamos entre os equipamentos de apoio às aulas que o violão é uma ferramenta essencial que pode ser utilizado para explicar uma série de conceitos e fenômenos sonoros, e é um instrumento bastante popular entre os alunos.

Durante as aulas, inserimos o aluno no processo de construção do conhecimento, exemplificando as aplicações do assunto nas situações comuns do nosso dia a dia, na engenharia, medicina, astronomia, na música, geologia, na tecnologia militar e etc. Buscamos estimular a atenção, o pensamento, o questionamento por parte dos estudantes, de forma que os mesmos participassem como sujeito ativo no processo de aprendizagem como cidadãos capazes de compreender os conceitos e fenômenos físicos referentes ao estudo da Acústica (ondas sonoras, som) que os cercam em seu ambiente.

Foi percebido que os professores da disciplina de Física da referida escola conhecem as técnicas empregadas na atividade, porém não as aplica com os alunos.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer aos professores de Física e aos alunos das 5 turmas do 2º ano do Ensino Médio da Escola de Aplicação da UFPa que participaram efetivamente da pesquisa através do uso das ferramentas midiáticas, práticas e MCs, bem como das respostas referentes a aplicação do questionário sobre o tema em discussão (Acústica).

REFERÊNCIAS

- [1] E. A. Medeiros e M. R. Loos. *ÓO Ensino de Física na Área de Ciências Naturais no Ensino Fundamental I e II Segundo os PCNsô*. Revista do Professor de Física Brasília 1(1), pp. 1-11, 2017.
- [2] Brasil. *óParâmetros Curriculares Nacionais (PCNs): Introdução aos PCNsô*. Secretaria de Educação Fundamental, Brasília: MEC/SEF, 1997.
- [3] OCED. *óBrasil no Pisa 2015: Análises e Reflexões sobre o Desempenho dos Estudantes Brasileirosô*, São Paulo: Fundação Santillana, p. 274, 2016.
- [4] W. Harlen. *óEnsenanza y aprendizaje de las Cienciasô 2ª. Ed. Madrid Morata, 1989.*
- [5] Brasil. *óPCNEM+: Orientações Educacionais Complementares aos PCNs. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologiasô*, MEC/SEMTEC, 2002.
- [6] E. C. Ricardo. *óImplementação dos PCNs em Sala de Aula: Dificuldades e Possibilidadesô*. Física na Escola 4(1), pp. 8-11, 2003.
- [7] M. R. D. Kawamura e Y. Hosoume. *óA Contribuição da Física para um Novo Ensino Médioô*. Física na Escola 4(2), pp. 22-27, 2003.
- [8] F. R. Jr., NG. Ferraro e P. A. de T. Soares. *óOs Fundamentos da Física 2: Termologia, Óptica Geométrica e Ondasô*, 5ª. Ed., São Paulo: Ed. Moderna, p. 420, 1988.
- [9] H. P. Netto, O. de S. C. Neto e O. Rodrigues. *óFundamentos de Física Geral: Calor, Óptica Geométrica e Movimento Ondulatórioô*, Vol. 2, São Paulo: Livraria Nobel S.A., p. 310, 1978.
- [10] D. Correia, M. A. Bolfe e I. P. S. Sauerwein. *óO Estudo das Ondas Sonoras por meio de uma Atividade Didática Envolvendo Leitura de um Texto de Divulgação Científicaô*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física 33(2), pp. 556-578, agosto 2016.
- [11] R. S. dos Santos, P. S. de C. Filho e Z. de F. D. C. Rocha. *óDescobertas sobre a Teoria do Som: A História dos Padrões de Chladni e sua Contribuição para o Campo da Acústicaô*. Revista Brasileira de Ensino de Física 40(2), pp. e26021-e26025, maio 2018.
- [12] E. M. Santos, C. Molina e A. P. B. Tufaille. *óViolão e Guitarra como Ferramentas para o Ensino de Físicaô*. Revista Brasileira de Ensino de Física 35(2), pp. 25071-25077, maio 2013.
- [13] S. A. Nascimento, J. D. Dantas, P. C. de Souza e C. A. S. Santos. *óEspectro Sonoro da Flauta Transversalô*. Revista Brasileira de Ensino de Física 37(2), pp. 23051-23055, maio 2015.
- [14] J. P. Donoso, A. Tanús, F. Guimarães e T. C. Freitas. *óA Física do Violinoô*. Revista Brasileira de Ensino de Física 30(2), pp. 23051-230521, maio 2008.
- [15] M. Gotto. *óFísica e Música em Consonânciaô*. Revista Brasileira de Ensino de Física 31(2), pp. 23071-23078, junho 2009.
- [16] H. A. Errobidart, S. T. Gobara, S. L. Piubelli e N. C. G. Errobidart. *óOuvindo Mecânico: Um Dispositivo Experimental para o Estudo da Propagação e Transmissão de uma Onda Sonoraô*. Revista Brasileira de Ensino de Física 36(1), pp. 15071-15075, maio 2014.

- [17] A. Gaspar e I. C. C. Monteiro. Atividades Experimentais de Demonstração em Sala de Aula: Uma Análise segundo o Referencial da Teoria de Vigotsky. *Investigações em Ensino de Ciências* 10(2), p. 227-254, 2005.
- [18] M. S. T. Araújo e M. L. V. dos Santos. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 25(2), pp. 176-194, Junho 2003.
- [19] D. P. Ausubel, J. D. Novak e H. Hanesian. *Psicologia Educacional*. (trad. de Eva Nick et al.) Rio de Janeiro: Interamericana, 625 p., 1980.
- [20] D. P. Ausubel. *Educational Psychology: A Cognitive View*. 2nd. ed., New York: Holt Rinehart and Winston, 1978.
- [21] Brasil. *Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) de Ciências Naturais*. Secretaria de Educação Fundamental, Brasília: MEC/SEF, 1998.
- [22] C. Wilson, A. Grizzle, R. Tuazon, K. Akyemp e C-K Cheung. *Alfabetização Midiática e Informacional: Currículo para Formação de Professores*. Brasília: UNESCO, UFTM, 192 p., 2013.
- [23] D. F. ALMENARA. *O Trabalho com Projetos: (RE) Construindo a Prática Pedagógica através da Integração das Mídias*. Revista Eletrônica Multisaberes, 2ªed., 2011.
- [24] R. B. Werlang. *Mapas Conceituais Esqueletos: Instrumento para Avaliar o Processo de Ensino-Aprendizagem*. *Experiências em Ensino de Ciências* 8(2), pp. 126-140, 2013.
- [25] Brasil. *PCNEM: Orientações Educacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, MEC/SEMTEC, 2000.