



SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO SIGNIFICATIVA NO ESTUDO DAS RELAÇÕES ENTRE FÍSICA E MÚSICA EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS ENVOLVENDO O OSCILADOR DE MELDE

TEACHING SEQUENCE BY SIGNIFICANT RESEARCH IN THE STUDY OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN PHYSICS AND MUSIC IN EXPERIMENTAL ACTIVITIES INVOLVING THE MELDE OSCILLATOR

Joel Vieira de Araújo Filho¹, Francisco Nairon Monteiro Júnior²

^{1,2} Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), naironjr67@gmail.com

Resumo

O presente artigo apresenta um produto educacional e sua aplicação, resultado das inquietações nascidas na práxis pedagógica no ensino médio e consiste numa sequência de ensino por investigação (SEI) significativa no estudo das cordas oscilantes fixas de instrumentos musicais, notadamente o violão. Tal produto oferece uma nova roupagem para o oscilador de Melde com o uso de aplicativo grátis de celular, bem como de alto-falante e amplificador para gerar ondas harmônicas com cordas de violão. Aplicamos a SEI na Escola de Referência em Ensino Médio Olinto Victor, Recife-PE. A experiência vivenciada apontou para a viabilidade na busca da aprendizagem significativa no contexto das cordas vibrantes, bem como para a importância dos organizadores prévios como motivadores da busca de conhecimentos novos. Apontou ainda para a importância da fase de problematização como geradora de inquietações nos alunos e ainda a importância do trabalho experimental em grupo na passagem da representação abstrata do conhecimento à manipulação de conceitos e variáveis, indicando que atividades manipulativas têm sua importância quando o manipulador do aparato tem consciência de seus atos ao realizar o experimento.

Palavras-Chave: Aprendizagem Significativa; Ensino por Investigação; Oscilador de Melde.

Abstract

This article presents an educational product and its application, the result of concerns arising from pedagogical praxis in high school and consists of a significant sequence of teaching by investigation (SEI) in the study of fixed oscillating strings of musical instruments, notably the guitar. This product offers a new look to Melde's oscillator with the use of a free mobile application, as well as a speaker and amplifier to generate harmonic waves with guitar strings. We applied the SEI at the Escola de Referência em Ensino Médio Olinto Victor, Recife-PE. The lived experience pointed to the feasibility of searching for meaningful learning in the context of vibrating strings, as well as to the importance of previous organizers as motivators for the search for new knowledge. It also pointed to the importance of the problematization phase as a generator of concerns in the students and also the importance of experimental group work in the passage from the abstract representation of knowledge to the manipulation of concepts and variables, indicating that manipulative activities have their importance when the manipulator of the apparatus is aware of his actions when performing the experiment.

Keywords: Meaningful Learning; Teaching by Research; Melde Oscillator.



Introdução

Desde cedo nos interessamos por ciência, por descobrir o que há no mundo. A curiosidade é inerente ao ser humano. No mundo tecnológico em que vivemos, aprendemos a manipular tablets e smartphones, baixar aplicativos de jogos, ver vídeos, conversar em redes sociais. Intuitivamente, manipulamos conceitos e processos que vêm da ciência. Infelizmente, ao longo da vida escolar essa curiosidade, essa motivação, desaparecem. Segundo Pozo e Crespo (2009, p. 15),

“Espalha-se entre os professores de ciências, especialmente nos anos finais do ensino fundamental e do ensino médio, uma crescente sensação de desassossego, de frustração, ao comprovar o limitado sucesso de seus esforços docentes. Aparentemente, os alunos aprendem cada vez menos e tem menos interesse pelo que aprendem. Essa crise da educação científica, que se manifesta não só nas salas de aula, mas também nos resultados da pesquisa em didática das ciências.”.

Parece existir uma crise no ensino de ciências, e não é recente. Vem de décadas de um trabalho pedagógico conservador e tecnicista. Esse analfabetismo científico se reflete na própria sociedade, conservando uma sociedade desigual e sem capacidade de refletir sobre as corretas decisões político-econômicas que envolvam ciência e tecnologia. Cachapuz et al (2011, p.19) afirma que “o desenvolvimento de qualquer programa de educação científica deveria começar com propósitos correspondentes na educação geral [...] e requer estratégias que evitam a repercussão das desigualdades sociais no âmbito educativo.” É salutar afirmar que a alfabetização científica da sociedade não deve buscar a formação de especialistas em física, química ou biologia, mas sim a formação de um cidadão que tenha a capacidade de tomar consciência de suas decisões em relação a aspectos da ciência na sociedade, considerando a própria ciência como parte da cultura de nosso tempo. Visões deformadas da ciência, ou até a própria negação dos paradigmas científicos, contribuem para uma sociedade incapaz de lidar com os problemas de seu tempo e ainda de fácil manipulação.

A física, apesar de ser experimental e gozar de uma beleza intrínseca à própria ciência, o seu ensino não tem gerado motivação, por conta de uma matematização excessiva, descontextualizada dos fenômenos que lhe deram origem, decorativa, desvinculada da experiência cotidiana e da cultura. Em resumo, caracterizada pelo que Freire (2019) denominou educação bancária, onde o professor, detentor total do conhecimento, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado, transformando-os em recipientes de conhecimento a serem “enchidos” pelo educador. Quanto mais vá “enchendo” os recipientes com seus “depósitos”, tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente “encher”, tanto melhores educandos serão.

Partindo desta realidade e do desejo de contribuir para sua transformação, durante a pesquisa de mestrado, no âmbito do MNPEF, polo 58-UFRPE, encontramos na teoria cognitiva da aprendizagem significativa e na metodologia de ensino por investigação em ciências uma promissora dupla teoria- método capaz de trazer significado à aprendizagem de conceitos em física, com ativa participação dos alunos e alfabetização científica cidadã. Tal diálogo teoria-método possibilitou o engajamento dos estudantes, a mobilização de conhecimentos da experiência adquirida na resolução de problemas, a construção de hipóteses nas quais foi possível a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos, bem como a possibilidade que as atividades proporcionem aos estudantes reorganizarem seus conhecimentos na estrutura cognitiva, ao tomarem contato com novas fontes de informações.



Neste diálogo entre a TAS e a SEI, levando em consideração a inserção da cultura dos jovens estudantes, pensamos na inserção da música como ferramenta motivadora do aprendizado da física das oscilações mecânicas, tornando-se o encaixe perfeito entre teoria cognitiva, a metodologia de ensino de ciências e um conteúdo da física relevante, significativo e motivador para os estudantes, qual seja o estudo de acústica musical. No universo de possibilidades de inserção da música no ensino de acústica, escolhemos o violão, o qual nos pareceu muito promissor como organizador prévio, por ser um instrumento musical muito conhecido, fácil de ser encontrado e que traz vários questionamentos dentro de seu funcionamento. Foi neste universo que nasceu nosso problema de pesquisa, o qual foi materializado da seguinte forma: **qual a potencialidade de uma sequência de ensino por investigação significativa no estudo das relações entre física e música em atividades experimentais envolvendo o oscilador de Melde para a aprendizagem significativa no estudo das cordas vibrantes, tomando atividades com o violão enquanto organizadores prévios?**

Durante a pesquisa, conceitos como frequência, comprimento de onda, amplitude, volume e intensidade do som, além da relação do som com a matemática, como nas progressões geométricas das frequências da escala temperada, puderam ser significativamente explorados por meio do estudo das cordas oscilantes fixas em instrumentos musicais. Para isso, tivemos o violão como incentivador dos estudos, e desenvolvemos uma nova montagem de um aparato desenvolvido em meados do século XIX para o estudo de ondas estacionárias, o oscilador de Melde. Nesta reconstrução, utilizamos como fonte vibrante um aplicativo gerador de frequência para smartphone, ligado a um pequeno amplificador, o qual, por sua vez, alimenta um alto-falante que perturba uma corda esticada, num ponto próximo a um de seus terminais.

No presente artigo apresentamos uma síntese do percurso de pesquisa trilhado, cujo objetivo foi o de oferecer uma contribuição que possa levar os professores a praticarem uma ciência motivadora, contextualizada e crítica na motivação do jovem estudante para a aprendizagem da ciência de modo prazeroso, significativo e que o torne capaz de ler o mundo em constante modificação.

1. Fundamentação Teórica

Todos nós temos em nossa estrutura cognitiva conhecimentos prévios, organizados de forma hierárquica, ou seja, elementos mais específicos ligados a conceitos mais gerais. Esses conhecimentos prévios são adquiridos, inicialmente, na pequena infância, por formação de conceitos por meio de experiências empírico-concretas. Esses conceitos, com a maturidade física e psicológica da criança, passam a ser cada vez mais abstratos e abrangentes. Conhecimentos prévios que já são significativos formam o que Ausubel denominou SUBSUNÇOR. Esses subsunçores serão mais desenvolvidos quando forem especificamente mais relevantes e abrangentes na estrutura cognitiva do aprendiz, podendo ser um meio de aquisição de novos materiais, processo que foi chamado ANCORAGEM. Para que haja uma aprendizagem significativa é necessário que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo, ou seja, precisa ter relação com o que o aprendiz já sabe. Uma segunda condição é que haja pré-disposição em aprender. Alunos desmotivados tenderão a, no máximo, uma aprendizagem mecânica. Por outro lado, antes de apresentar o material a ser aprendido, se faz necessária a apresentação de ORGANIZADORES PRÉVIOS, que são recursos didáticos introdutórios (vídeos, textos, experimentos, filmes) que servirão de ponte entre o que o aluno já sabe e o que deve saber.

As evidências de que houve aprendizagem significativa podem ser adquiridas por meio da apresentação ao aprendiz de problemas não familiares, verificando se houve “assimilação”, ou seja, se o material potencialmente significativo ancorou-se a um subsunçor específico, adquirindo



significado, podendo ocorrer tanto a aprendizagem subordinada, que é quando um material a ser aprendido é subordinado (ancorado) a um conhecimento prévio, sendo modificado e modificando esse conhecimento, quanto a diferenciação progressiva, na qual o subsunçor-ancoragem e o material potencialmente significativo diferenciam-se ao interagirem uma ou mais vezes. Assim, o subsunçor resultante terá um potencial de ancoragem maior, se tornará mais inclusivo. Aqui o papel do professor pode ser dividido em quatro etapas, quais sejam, identificar os conceitos/princípios mais unificadores e integradores do material a ser aprendido pelos alunos, identificar os conhecimentos prévios relevantes à aprendizagem significativa do material, identificar o que os aprendizes já sabem e utilizar recursos que facilitem a aquisição do novo material. É nesta quarta etapa que entrou o ensino por investigação no nosso produto educacional.

Uma “sequência de ensino por investigação” (SEI) organiza a aula a partir do tópico a ser ensinado, criando um ambiente investigativo e propício para que os alunos construam seus próprios conhecimentos. Os requisitos básicos que fundamentam uma SEI são a “questão de pesquisa”, que pode ser apresentada aos estudantes pelo professor ou surgir dos próprios estudantes, as “hipóteses”, considerando as ideias prévias dos alunos acerca do problema, a “elaboração do plano de trabalho” de como se fará a investigação para confirmar ou não as hipóteses, a “obtenção dos dados” na análise experimental e a “conclusão”, que será o relatório final do grupo, confirmando ou refutando a hipótese investigada, a ser socializado no debate. O grau de autonomia dado aos alunos na condução da SEI dependerá do amadurecimento da turma. Como mostrado na tabela 1, há cinco graus de liberdade relacionando a atuação do professor (P) e a dos alunos (A).

Tabela 1: Graus de liberdade professor/aluno na aula investigativa.

GRAU	I	II	III	IV	V
Problema	P	P	P	P	A/P
Hipótese	P	P/A	P/A	P/A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção dos dados	P	A/P	A	A	A
Conclusão	P	A/P/CLASSE	A/P/CLASSE	A/P/CLASSE	A/P/SOCIEDADE

Fonte: Carvalho, 2013.

No grau I não existe uma atividade investigativa. As cinco etapas são elaboradas pelo professor, como acontece tradicionalmente. A partir do grau II é possível ver autonomia do aluno na obtenção dos dados e na conclusão. O problema é proposto pelo professor, que orienta a formulação da hipótese e o plano de trabalho. Os níveis III e IV propiciam uma maior independência dos alunos, com o professor apenas propondo o problema. O grau V é típico de cursos de pesquisa universitária, com os alunos pensando o problema e sua solução, que é dividida com a comunidade.

2. Métodos e Materiais

Nosso produto educacional consistiu numa Sequência de Ensino por Investigação (SEI) Significativa voltada para o estudo de conceitos de ondulatória e acústica. Usamos o violão como elemento problematizador por ser um instrumento de fácil manipulação e atrativo, podendo ativar um dos elementos chave numa aprendizagem significativa: a vontade do aluno em aprender. O aparato oscilador de Melde por nós construído (figura 1), com uma nova forma de montagem, nos ajudou a obter dados essenciais para resposta aos questionamentos levantados.



Figura 1: reconstrução do oscilador de Franz Melde.



Fonte: os autores.

A seguir apresentamos um resumo da nossa SEI Significativa, com a qual conseguimos alcançar o terceiro nível de autonomia mostrado na tabela 1.

1º encontro: 2 horas/aula

1. Organizadores prévios: aula inicia ministrada pelo professor, com a finalidade de despertar/construir subsunçores relativos ao estudo básico da acústica física e musical.
2. Problematização: com o violão, problematizar com questões propostas pelo professor ou pelos próprios alunos.
3. Construção de hipóteses: dividir a turma em grupos e deixá-los encontrar hipóteses de resolução das problematizações.
4. Construção de plano de trabalho: planejar com os grupos datas para trabalho no aparato. Explicar o funcionamento básico do aparato.

2º encontro: 2 horas/aula para cada grupo

5. Obtenção de dados (uso do aparato): cada grupo, separadamente, em data e horários agendados, manipulará o aparato, na busca de relações e dados para a possível resolução das hipóteses. Poderão ser debatidas entre o grupo conclusões prévias da análise dos dados obtidos.

3º encontro: 2 horas/aula, divididas da seguinte maneira: uma hora/aula para o debate dentro de cada grupo e uma hora/aula para o debate entre os grupos.

6. Conclusão e comunicação: após análise dos dados, os grupos debaterão os resultados entre si e depois entre os grupos.

Em nossa proposta de SEI Significativa, iniciamos com uma aula ministrada pelo professor. Essa aula servirá para despertar e/ou criar subsunçores relativos à ondulatória e acústica. Essa aula deve ter um maior nível de generalização e inclusão, sendo planejada para servir de ponte entre o que o estudante já sabe e o que se deseja que esse estudante aprenda. Assim, os organizadores prévios podem ter grande potencial facilitador da conceituação, pois, como diz Vergnaud (apud MOREIRA, 2013) “são as situações que dão sentido aos conceitos.”. Nessa aula apresentamos os principais conceitos, tais como: o que é uma onda e os tipos de onda, frequência, comprimento de onda, amplitude e velocidade de onda, interferência, ondas sonoras, altura e intensidade do som, ondas estacionárias e harmônicas, nota musical e escala temperada. A partir dessa aula, vamos à problematização: com o uso de um violão, introduzimos ondas estacionárias nas cordas do violão. Damos uma breve explicação sobre as principais partes do violão: braço, rastilhos, cordas, boca, etc. Então, dedilhando as cordas do violão, produzindo os sons, podemos fazer vários questionamentos, tais como: por que a 1ª corda é mais fina? Para que servem os



trastes? Para que serve a boca do violão? Quando dedilhamos uma corda solta, quantos harmônicos são produzidos?

Podemos, também, deixar que os próprios estudantes criem problematizações, a partir de suas curiosidades. Separados em grupos, os alunos irão discutir as problematizações propostas pelo professor ou criar seus próprios questionamentos. Cada grupo irá escrever em uma folha de papel ofício, previamente fornecida pelo professor, seus questionamentos. Então, os grupos discutirão possíveis respostas aos questionamentos. Isso é uma fase muito importante da atividade, pois irá mostrar que subsunçores serão ativados na busca de respostas. Para levantar hipóteses sobre os questionamentos, os alunos terão que ativar conhecimentos prévios, discutir em grupo cada possível resposta, escrever. A experiência demonstra que se trata de uma etapa muito proveitosa para a construção do conhecimento.

Após isso, junto a cada grupo é construído um plano de trabalho. A função principal desse plano será responder à seguinte pergunta: como comprovar que a hipótese está correta? Esse plano envolverá o planejamento de utilização do aparato experimental (oscilador de Melde) para a aquisição de dados úteis, tais como frequência dos harmônicos, tensão na corda, amplitude, etc. Cada grupo marcará uma data e horário para trabalhar no aparato. Os grupos trabalharão no aparato separadamente, cada um livre para pesquisar e medir as variáveis que julgarem importantes para suas hipóteses. O professor irá apenas ajudar os grupos quando necessário, na manipulação do aparato e como obter os dados que o grupo precisa.

A manipulação do aparato experimental será a fonte de obtenção de dados. Cada grupo, em data previamente marcada, terá duas horas/aula para obtenção dos dados/medidas que serão usados para comprovar/refutar as hipóteses levantadas pelo grupo. Os dados obtidos pelo aparato, como frequência, comprimento de onda, amplitude, tensão na corda, número de harmônicos, podem ser usados também para novas descobertas. As cordas usadas no aparato são as cordas de um violão, de náilon ou aço. Com isso, cada grupo investigará as características dessa corda oscilando em ondas estacionárias no aparato.

Os próprios estudantes, durante a fase de questionamento e produção de hipóteses, identificaram que variáveis em uma corda oscilante fixa, como a do violão, são importantes para a verificação e resposta de suas problematizações. A esse tipo de abordagem Carvalho (2013) chamou de roteiro aberto, na qual os alunos decidem quais medidas são importantes para a manipulação do aparato, no nosso caso, decidem quais variáveis são importantes para a compreensão da corda oscilante e de sua relação com a música, elaborando uma tabela de medidas que será muito importante para o estudante tomar consciência das grandezas que influenciam o fenômeno a ser estudado. Com essa liberdade de escolha, e não uma tabela pronta trazida pelo professor, o estudante pode começar a pensar, por si só e em grupo, nas variáveis que ele acredita serem importantes na compreensão do fenômeno. A figura 2 mostra o quadro de conceitos compilado pelos estudantes.

Com esse quadro, o grupo pode obter o comprimento da corda, a tensão, frequências dos harmônicos com suas respectivas amplitudes. Essas medidas podem ser obtidas de cordas diferentes, e comparadas. Pode-se ficar livre ao grupo pesquisar outros dados além dos constantes no quadro. Obtidos os dados, pode-se verificar a relação existente entre várias variáveis na corda oscilante fixa do violão. A partir da verificação das relações entre essas medidas, pode-se chegar a conclusões sobre conceitos importantes em ondulatória- acústica. Deve ficar claro que o quadro acima foi criado pelos estudantes em nossa fase de aplicação da SEI Significativa. Logo, outra turma, em outra escola, pode decidir que outras variáveis sejam importantes para a compreensão do fenômeno de cordas fixas oscilantes em música, como período de vibração, velocidade da corda ou área de seção transversal, variáveis que nosso aparato consegue obter.



Figura 2: Quadro de conceitos

EREM OLINTO VICTOR Data: ____/____/____
Grupo: _____

TRABALHO EXPERIMENTAL COM APARATO OSCILADOR DE MELDE: MEDIDAS

Corda do violão (_____)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUÊNCIA 1 ^o HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 2 ^o HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 3 ^o HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	_____	_____			

Corda do violão (_____)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUÊNCIA 1 ^o HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 2 ^o HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 3 ^o HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	_____	_____			

Corda do violão (_____)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUÊNCIA 1 ^o HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 2 ^o HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 3 ^o HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	_____	_____			

Corda do violão (_____)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUÊNCIA 1 ^o HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 2 ^o HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 3 ^o HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	_____	_____			

Fonte: os autores.

Então, o quadro acima é um modelo elaborado por nossos estudantes em uma aplicação da SEI Significativa, não sendo algo que necessariamente deva se repetir em outras aplicações, para outro grupo de alunos. Os estudantes pensam e decidem o que medir no aparato e porquê.

Após obtenção dos dados-medidas, cada grupo se reunirá e irá discutir os resultados encontrados. Debaterá sobre as hipóteses levantadas e as mensurações conseguidas no aparato, comparando-as. No debate dentro do grupo serão expostas as aprendizagens significativas sobre o conteúdo, e as inquietações de cada um. É fundamental salientar que, nos processos investigativos, as atitudes devem sobressair o simples fazer, conduzindo os estudantes à verdadeira compreensão do por que fazer e como fazer, passando da atividade apenas manipulativa para a atividade reflexiva, consciente e racional. O debate, então, se estenderá aos grupos, em uma reunião final de conclusão dos trabalhos. Assim, cada grupo compartilhará suas inquietações, seus resultados obtidos e suas conclusões.

Desse modo, esperamos que nosso produto educacional sirva como um instrumento pedagógico eficiente em sua finalidade de tornar o processo de ensino-aprendizagem de conceitos principais e importantes de ondulatória, acústica e música significativos e estimulantes.

3. Resultados e Discussões

A SEI foi aplicada numa turma de 2^o ano do ensino médio da EREM Olinto Victor, situada no Recife-PE, após o estudo dos conteúdos de acústica. Porém, alguns alunos das turmas de 3^o ano 2018, ao saberem de nosso plano, ficaram muito interessados em participar, principalmente porque alguns tocam violão e outros instrumentos musicais. Decidimos também fazer um relatório dos acontecimentos das aulas, teóricas e experimentais. As falas dos estudantes durante a aula, bem como durante as atividades experimentais, consideradas importantes para a pesquisa, foram transcritas no anonimato. As aulas foram filmadas e fotografadas, com a anuência dos estudantes



participantes. A figura 3 ilustra um momento da aula inicial, onde trabalhamos os organizadores prévios, problematização, construção de hipóteses e do plano de trabalho, valorizando os conceitos de frequência, comprimento de onda, amplitude de uma onda e ondas transversais. Após isso, foi mostrada a relação existente entre frequência da onda e som grave e agudo. Foi discutida a diferença entre som puro e som complexo, mostrando os gráficos correspondentes. Passou-se então ao estudo de ondas estacionárias, enfatizando os instrumentos musicais de cordas. Nesse ponto surgiram vários questionamentos dos alunos. O detalhamento de tais questionamentos, bem como de todas as atividades pode ser encontrado na nossa dissertação de mestrado (ARAÚJO FILHO, 2018). Durante a problematização, amadurecemos as seguintes questões de pesquisa: “Por que as cordas do violão têm espessuras diferentes?”, “Em um violão, para que servem os trastes?” e “O som produzido por uma corda do violão não é puro. Então porque não percebemos as outras frequências ao tocar uma corda?”. A figura 4 ilustra o momento de debate em um dos grupos em torno da problematização. Além disso, ficou estipulado o seguinte plano de trabalho: I. Uma breve explicação, por parte do professor, do funcionamento do oscilador de Melde; II. Medir frequência, comprimento da corda, tensão na corda, amplitude; III. Uso de cordas de violão no aparato: a corda mais grossa e a corda mais fina, para verificar se há diferença nas medidas; IV. Pesquisar mais sobre ondas fixas em cordas de instrumentos musicais. A figura 5 ilustra o momento no qual um dos grupos desenvolve o plano de trabalho junto ao oscilador de Melde.

Figura 3



Fonte: os autores.

Figura 4



Fonte: os autores.

Figura 5



Fonte: os autores.

No dia 12 de abril de 2018, na própria escola, das 15h às 17h, foi realizada a última etapa da SEI Significativa: a reunião entre os grupos para debate e comunicação de suas conclusões. Houve intensas discussões dentro dos grupos e depois entre os grupos sobre os dados obtidos no aparato. Foi decidido, entre os próprios membros do grupo, como essa etapa seria conduzida: primeiro, uma relida dos dados obtidos por cada grupo; em seguida, cada grupo escolheria um aluno para vir ao quadro para comunicar o que foi decidido como importante; então, por fim, encontrar as respostas para os questionamentos principais. Ficou decidido também que uma aluna seria a secretária, escrevendo numa folha de caderno todas as conclusões dos grupos, atingidas pelo consenso. Essa parte da atividade também foi totalmente filmada e fotografada. Ao fim dos trabalhos, que passou das 17h, foi feita uma pequena comemoração. Os grupos é que organizaram tudo, e o professor-orientador ficou bastante impressionado com a interatividade entre os grupos, com a organização e a participação ativa e cativante. A figura 6 mostra o relatório do uso do aparato pelo grupo 1. Nas conclusões a que chegaram, vemos o quanto o processo vivenciado resultou em aprendizagem significativa. Concluíram que os trastes no violão são usados para a diminuição do comprimento útil da corda oscilante, e que diminuindo o tamanho da corda que oscila, sua frequência de vibração aumenta, tornando o som mais agudo. Concluíram também que a frequência dos harmônicos depende sempre da frequência do primeiro harmônico, sendo múltiplo inteiro desta, e ainda que existe uma relação matemática entre o tamanho dos trastes e uma progressão geométrica. Isso foi pesquisado e descoberto pelo grupo 1, por meio de pesquisas próprias, e



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

comunicado ao grupo II no encontro de conclusão. Foi extremamente interessante ouvir o relato de como conseguiram encontrar uma relação matemática entre a escala temperada, com suas 12 notas, e a distância entre os trastes de um violão.

Figura 6: Relatório do uso do aparato pelo Grupo 1

EREM OLINTO VICTOR Data: 22/03/18

Grupo: LCC

1ª Corda do violão (A440)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUÊNCIA 1º HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 2º HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 3º HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	52cm	6,34N	102Hz	204Hz	-

2ª Corda do violão (D440)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUÊNCIA 1º HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 2º HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 3º HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	52cm	6,34N	26Hz	53Hz	78Hz
			2,8cm	1,4cm	0,9cm

3ª Corda do violão (G440)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUÊNCIA 1º HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 2º HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 3º HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	78cm	6,34N	29Hz	46Hz	72Hz

4ª Corda do violão (B440)

	COMPRIMENTO DA CORDA	TENSÃO NA CORDA	FREQUÊNCIA 1º HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 2º HARMÔNICO	FREQUÊNCIA 3º HARMÔNICO
Cumprimento da amplitude	78cm	9,20N	36Hz	73Hz	102Hz

CONCLUSÃO
Realizada a experiência de medição da frequência das cordas do violão em função do comprimento da corda e da tensão aplicada. Observamos que a frequência aumenta com o aumento da tensão e diminui com o aumento do comprimento da corda. Isso confirma a teoria de que a frequência é inversamente proporcional ao comprimento da corda e diretamente proporcional à raiz quadrada da tensão aplicada.

Fonte: os autores.

4. Considerações Finais

A aula inicial mostrou a importância dos organizadores prévios como motivadores da busca de conhecimentos novos e despertadores da reflexão do próprio aluno sobre o que ele já sabe. Isso pode ser aquilatado pela quantidade de questionamentos surgidos durante essa aula. A fase de problematização mostrou preocupações interessantes em cada grupo. Vimos que o problema do som produzido pelas cordas do violão prevaleceu entre os integrantes dos dois grupos, reforçando que os aspectos que são potencialmente significativos fazem parte dos seus cotidianos.

O trabalho dos grupos no aparato mostrou a importância da experimentação na passagem da representação abstrata do conhecimento à manipulação de conceitos. Vimos a alegria no olhar de estudantes ao lidarem concretamente com o abstrato antes visto nas aulas, deixando claro, contudo, que a manipulação experimental na representação da realidade envolve várias simplificações e que precisamos deixar clara a relação entre teoria e experimento.



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

O encontro de comunicação e conclusão foi extremamente proveitoso, tendo os estudantes chegado a interessantes conclusões, inclusive a uma relação matemática entre a frequência na corda e a tensão, número de harmônicos, comprimento e massa específica, aproximando-se bastante da relação cientificamente correta. Como forma de promover a mudança conceitual, fizemos a interpretação correta da equação, mostrando que a dependência da frequência se dá pela raiz quadrada da razão entre a tensão e a massa específica da corda. Muito embora a relação a que chegaram estivesse cientificamente incompleta, aponta para a enorme potencialidade do pensar e o agir conscientes do estudante. Descobriram também que os trastes no violão são usados para diminuir o comprimento útil da corda, produzindo as diferentes notas musicais e que a frequência dos harmônicos de um som depende são múltiplos inteiros da frequência fundamental e ainda que existe progressão geométrica subjacente aos comprimentos úteis determinados pelos trastes. A fase de conclusão e comunicação foi de intenso debate entre os grupos, que mostraram independência na busca de conhecimentos ao pesquisarem, sem a orientação do professor, a relação entre a escala cromática e uma progressão geométrica, fazendo no quadro até um gráfico de relação entre as notas musicais e a distância entre os trastes.

No final, ficou-nos o sentimento de que melhoramos, encontramos um caminho, e, ainda melhor, vimos que existem vários caminhos. Claro, não são fáceis de trilhar, exigem dedicação, estudo, pesquisa. Vimos o crescimento dos estudantes em liberdade, em compreensão de que o estudo das cordas oscilantes é fascinante e que pode ser aplicado em outras áreas da física. Aprenderam a relacionar grandezas, a construir e ler dados e gráficos, a trabalhar em grupo, bem como relacionar os dados obtidos com as inquietações iniciais. Agradecemos ao MNPEF por essa oportunidade de entrar em contato com teorias e metodologias de aprendizagem. Sentimo-nos, na visão freireana, libertados e libertadores, numa práxis humanizadora e transformadora.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

ARAÚJO FILHO, J. V. **Sequência de ensino por investigação significativa no estudo das relações entre física e música em atividades experimentais envolvendo o oscilador de Melde**. 2018. 101f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife.

CACHAPUZ, A. [et al.] (orgs). **A Necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2011.

CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

FREIRE, P. R. N. **Pedagogia do oprimido**. 81ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2019.

MASINI, E. A. F.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. 1ed. São Paulo: Vetor Editora Psicopedagógica, 2008.



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. 1ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa em mapas conceituais*. PPGEnFis/IF- UFRGS: **Textos de Apoio ao Professor de Física**, v. 24, n. 6, 2013.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.