

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

DOUGLAS KRÜGER DA SILVA

A FÍSICA E OS INSTRUMENTOS MUSICAIS

CONSTRUINDO SIGNIFICADOS EM UMA AULA DE ACÚSTICA

PORTO ALEGRE

2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**A FÍSICA E OS INSTRUMENTOS MÚSICAIS
CONSTRUINDO SIGNIFICADOS EM UMA AULA DE ACÚSTICA**

DOUGLAS KRÜGER DA SILVA

Dissertação realizada sob a orientação dos professores Dr. Alessandro Pereira de Pereira e Dr. Fernando Lang da Silveira e apresentada no Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em preenchimento parcial aos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

PORTO ALEGRE

2017

“Para bem educar, é preciso antes de tudo amar, e amar a todos igualmente”.

São Marcelino Champagnat

AGRADECIMENTOS

Expresso neste momento, meu carinho e admiração pelo indispensável apoio e incentivo oferecido a mim durante esta etapa da minha vida. Obrigado por não desistirem de mim, e não me deixarem sucumbir perante as dificuldades da vida!

Certa feita, disse Champagnat: “A educação é uma obra de amor”. Lancei mão deste projeto, por algum tempo, para poder me dedicar a minha maior obra: minha filha, Luiza. Ela, que sempre me esperou com uma voz doce, um beijinho e um abraço bem apertado. Tudo que faço, é por você, minha princesinha!

Aos meus pais, Luiz Gustavo Vargas da Silva e Maria Lisete Krüger da Silva, por me moldarem dentro de padrões éticos e justos. A minha irmã, Dra. Débora Krüger da Silva, por me ensinar, desde cedo, sobre paciência e persistência. Obrigado, família, por entenderem meus momentos de mau humor, ansiedades e pelo apoio incondicional.

Agradeço a minha primeira afilhada, a pequena Pamela Luana Carvalho Bittencourt, a mais jovem professora da família. Obrigado pelo apoio, pelas horas de conversas sobre referencial teórico, pelos cafés, e por me ensinar a fazer artes com crianças. Devo-te alguns livros!

A Dra. Luciana Paludo, minha gata, meu amor. Aquela que me recolocou no caminho acadêmico, acreditou em mim e não me deixou desistir deste projeto de vida. Obrigado, minha linda, por fazer parte desta conquista! Eu te amo demais!

Ao Instituto de Física da UFRGS, por novamente me proporcionar uma educação superior pública, gratuita e de qualidade.

Ao meu orientador, Dr. Alexandre Pereira, por todo o apoio e por acreditar no meu potencial; ao meu coorientador Dr. Fernando Lang da Silveira, um grande incentivador para que eu buscasse essa qualificação, e que sou fã de carteirinha. Muito obrigado!

Aos meus colegas do MPEF 2014 – Fabrício, Glauco, Ismael, Jader, Jenifêr, Lisiane, Mentz, Priscila, Slovinski – pela convivência prazerosa, em cada aula e em cada café. Foi compensadora a sensação de ter podido fazer novos amigos e compartilhar muitas experiências. Vocês são demais!

Aos meus colegas e alunos do Colégio Marista Pio XII, por me receberem de braços abertos e estarem sempre dispostos a contribuir na minha formação humana e acadêmica.

Agradecimento especial às minhas cientistas favoritas, que nunca soltaram as minhas mãos: Msc. Sandra Roberta Rodrigues Mores e Michele da Rosa Kopschina, pela paciência e convívio harmonioso ao longo desses anos de aprendizado no que considero minha segunda casa: o Colégio Marista Pio XII.

RESUMO

Este trabalho versa sobre desenvolver a habilidade de “reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos” (BRASIL, 2009, p.8) de uma forma menos tradicional.

O objetivo foi abordar o conteúdo de acústica utilizando instrumentos musicais (violão, guitarra, flauta, xilofone, lira...).

A partir de ondas estacionárias em tubos sonoros e cordas vibrantes, foram elucidados os conceitos de altura, intensidade e timbre, relacionando com os conceitos básicos de ondas – frequência, comprimento de onda, amplitude, velocidade de propagação das ondas em cordas de diferentes densidades lineares, entre outros. Também foram trabalhadas notas musicais e conceitos bem básicos de formação de acordes.

A proposta foi aplicada com os dois nonos anos de um colégio particular bastante tradicional de Novo Hamburgo: o Colégio Marista Pio XII. Nesta fase final do Ensino Fundamental, o colégio disponibiliza aos seus alunos cinco períodos de Ciências da Natureza, distribuídos em: um de Biologia, dois de Física e dois de Química. A ideia é que fossem trabalhadas Competências e Habilidades comuns aos componentes curriculares, por meio de sequências didáticas.

O trabalho foi aplicado em um total de seis encontros, cada um com duração de 50 min. Alguns desses períodos foram dedicados a aulas puramente expositivas, outros deles com aulas expositivas dialogadas, com a utilização de uma espiral de caderno, uma guitarra, um cavaquinho, instrumentos de sopro e do computador, onde interpretamos as frequências fundamentais emitidas pela vibração das cordas e do ar em tubos sonoros com o *software Spectrogram*¹.

Como referencial teórico, utilizamos a teoria sócio-interacionista de Vygotsky e alguns conceitos de alfabetização científica. A discussão e o manuseio de instrumentos musicais em pequenos grupos fizeram com que os alunos interagissem entre si e com o professor, favorecendo a construção do conhecimento e a interação de signos. A partir dessas interações aluno - instrumentos musicais, professor - aluno e aluno – aluno, o objetivo era abrir espaço para questionamentos, discussões

¹ Software disponível em: < <https://depositfiles.org/files/zx28gbd3s>>. Acesso em 04 out. 2017

e reflexões, de maneira que o conhecimento fosse sintetizado por todos. Como referência para o planejamento de ensino, construção do significado das aulas e análise das interações, utilizamos uma ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002).

Palavras-chave: Ondulatória, acústica, instrumentos musicais, cordas vibrantes, tubos sonoros, abordagem comunicativa.

ABSTRACT

This work is about developing the ability to "recognize characteristics or properties of wave or oscillatory phenomena, relating them to their uses in different contexts "(BRASIL, 2009, p.8), in a less traditional way.

The objective was to approach the content of acoustics using musical instruments (guitar, electric guitar, flute, xylophone, lyre ...).

From stationary waves in sound tubes and vibrating strings, concepts of height, intensity and timbre, were elucidated, relating them to the basic concepts of waves - frequency, wavelength, amplitude, velocity of wave propagation in strings of different linear densities, among others. Musical notes and basic concepts of chord formation were also seen.

The proposal was applied with two groups of ninth graders from a very traditional private school in Novo Hamburgo: Marista Pio XII school. In this final phase of elementary school, the school offers its students five classes of Science a week, distributed in one of Biology, two of Physics and two of Chemistry. The idea was work with common skills to these curricular components, through didactic sequences.

The work was applied out in a total of six classes, each lasting 50 min. Some of these were devoted to purely expository presentation, others with dialogic lectures, with the use of the spiral of a notebook, a guitar, another small kind of guitar, wind instruments and a computer where we interpret the fundamental frequencies emitted by the vibration of the strings and air in sound tubes with the Spectrogram software².

As a theoretical reference, we use Vygotsky's socio-interactionist theory and some concepts of scientific literacy. The discussion and manipulation of musical instruments in small groups led the students to interact with each other and with the teacher, favoring the construction of knowledge and interaction. From these student - musical instruments, teacher - student and student – student interactions, the objective is to open space for questions, discussions and reflections, so that knowledge was synthesized by all. As a reference for teaching planning, construction of meaning and interaction analysis, I we used an analytical tool by Mortimer and Scott (2002).

² Software available at: < <https://depositfiles.org/files/zx28gbd3s>>. Access Oct. 4 2017

Keywords: wave, acoustic, musical instruments, vibrating strings, sound tubes, communicative approach.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO	24
3.1 Abordagem socio-cultural de Vigotsky	24
3.2 . A alfabetização científica e a abordagem CTS	27
4. METODOLOGIA	32
4.1. Contextualização da escola	32
4.1.1. Sobre o colégio Marista Pio XII.....	32
4.1.2. Sobre os nonos anos e a docência compartilhada.....	33
4.2. Referencial metodológico e estruturação das aulas	36
4.2.1 A estratégia de ensino, organização do espaço e do material	43
4.3 Planejamento dos Episódios	44
4.3.1 Planejamento dos episódios 1 e 2	44
4.3.2 Planejamento do episódio 3.....	46
4.3.4 Planejamento do episódio 4	49
4.3.5 Planejamento do episódio 5.....	51
4.3.6 Planejamento do episódio 6.....	56
4.4. Material elaborado	60
5. APLICAÇÃO DOS EPISÓDIOS DE ENSINO	61
5.1. Aplicação do episódio 1	62
5.2. Aplicação do episódio 2	69
5.3. Aplicação do episódio 3	74
5.4. Aplicação do episódio 4	83
5.5. Aplicação do episódio 5	92
5.6. Aplicação dos episódios 6	107
6. Resultados, considerações finais e a “espiral” de ensino	123

7. Relatos e opiniões dos alunos	128
8. REFERÊNCIAS	129
APÊNDICE A – <i>Power Points</i> utilizados nos episódios 1 e 2	131
APÊNDICE B – Questionários guia para os episódios 3 e 4	135
APÊNDICE C – Questionários guia para os episódios 5 e 6	140
APÊNDICE D - AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DIVULGAÇÃO DE NOME	146

1. INTRODUÇÃO

É muito comum encontrarmos adoradores de música em qualquer sala de aula. Muitos alunos têm como *hobby* a prática de algum instrumento musical, e o desenvolvimento de suas habilidades geralmente acontece quando criam as famosas “bandas de garagem”. Nesse espaço, a rapaziada “tira” vários sons, cada um com sua fonte sonora, mas desconhece a Física envolvida em cada tangida em uma corda, na sequência de suas notas e acordes.

Tradicionalmente, o ensino e aprendizagem de ciências, especialmente o componente curricular de Física, é considerado por eles como algo monótono, chato. Geralmente, as aulas são baseadas em um conjunto de fórmulas capazes de resolver problemas do ENEM e dos vestibulares. Morini (2009, p. 21), traz uma crítica de Gil-Perez sobre o papel do professor na resolução de problemas em sala de aula. De acordo com ele, o professor não ensina o aluno a enfrentar problemas desconhecidos, em que o aluno esteja inicialmente perdido, apenas apresenta soluções para problemas conhecidos onde o estudante deve aprender este algoritmo e aplicar em problemas semelhantes. Não há dúvidas ou tentativas. Assim funcionam as listas de exercícios e provas, sistematicamente aplicadas nas escolas – depois de muito treino, o objetivo é “transformar um problema em um não-problema”.

De acordo com Silva (2005, p.15) e as teorias tradicionais de currículo, o currículo é sempre o resultado de uma seleção: de um universo mais amplo de conhecimentos e saberes seleciona-se aquela parte que vai construir precisamente o currículo. Nesta direção, a escola elege seus objetivos, planeja o ensino, verifica a eficiência dos métodos adotados através de avaliações como se os estudantes fossem produção fabril. É tudo uma questão de organizar “o que” ensinar, de “como” ensinar, de buscar a melhor forma de “transmitir” determinado conhecimento. Nesta configuração do espaço-tempo, os alunos sentados em fileiras de acordo com o espelho de classe, as atividades padronizadas refletem uma falta de participação do aluno, dificultando o aprendizado. Ele apenas assiste a aula, é um agente passivo. O importante é dar a nota, é medir aquilo que foi aprendido e classificar, identificar o estudante através de um número e compará-lo com os demais. Quanto maior a nota, mais eficaz o método de ensino.

Na busca pelo protagonismo estudantil, é interessante valorizar o contexto em que o aluno está inserido: suas perspectivas pessoais ou sociais, os desafios da comunidade – como, por exemplo, o emprego da ciência e tecnologia para resolver problemas de mobilidade urbana e sustentabilidade. É importante construir significados àquilo que ele já experimentou, favorecendo as interações (aluno-professor, aluno-alunos) na sala de aula. Neste viés, ao transformar o discurso popular do aluno em científico, ele será capaz de desenvolver habilidades para explorar e interpretar fenômenos, aplicar e desenvolver tecnologias de forma ética, compartilhando saberes para modificar a realidade em que está inserido. Será capaz de exercer plenamente sua cidadania.

O presente trabalho busca um ensino interdisciplinar e contextualizado, onde prevalece o “por que ensinar”, o “por que esse conhecimento e não outro”, frente a “o que ensinar” e “como ensinar”. Isto vai ao encontro do que propõe a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017) - documento em construção, que defende a educação brasileira como formação humana integral, para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva. De acordo com o BNCC “...a educação deve afirmar valores e estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para a preservação da natureza” (BRASIL, 2017, p.19).

Destacam-se, dentre as Competências Gerais da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017): valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social e cultural para entender e explicar a realidade, colaborando para a construção de uma sociedade solidária; exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses; formular e resolver problemas e inventar soluções com base nos conhecimentos das diferentes áreas; valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e fazer escolhas alinhadas ao seu projeto de vida pessoal, profissional e social, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade. Em relação às Competências Específicas de Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental, ressalta-se: compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas e socioambientais

e do mundo do trabalho; analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, tecnológico e social, como também às relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas e buscar respostas; avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e da tecnologia e propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho; construir argumentos com base em dados, evidências e informações confiáveis, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza para tomar decisões frente a questões científico-tecnológicas e socioambientais e a respeito da saúde individual e coletiva, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários.

A escolha do tema “A Física e os Instrumentos Musicais” tem como propósito dar sentido e aplicabilidade ao estudo de Ondulatória, especialmente a Acústica. Além de desmistificar e valorizar os fenômenos ondulatórios, este trabalho pretende dar significado à produção dos sons por diversas fontes sonoras e instrumentos musicais, sejam eles de corda, sopro ou percussão. É um trabalho que utiliza uma abordagem investigativa, em que as fórmulas e os exercícios ficarão em segundo plano. Como esta proposta foi aplicada com turmas inexperientes (nonos anos do Ensino Fundamental), não foi de interesse matematizar demasiadamente as ondas estacionárias, e sim, enfatizar o fenômeno em si. O interesse maior, com essas turmas, foi “alfabetizar cientificamente” os educandos, numa proposta leve e criativa, estabelecendo conexões, quando possível, entre os demais componentes das Ciências da Natureza. Segundo Sasseron e Carvalho (2011), alfabetizar cientificamente tem como objetivo a formação cidadã dos estudantes para o domínio e uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida. Nas palavras das autoras:

...usaremos o termo “alfabetização científica” para designar as idéias que temos em mente e que objetivamos ao planejar um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico. (p.61)

O objetivo é promover a construção do significado no plano social das aulas de ciências. O foco é o processo de significação – construção de significados, conceitualização. Para tanto, o trabalho está fundamentado nos conceitos de alfabetização científica, abordagem CTS, algumas teorias de Vygotsky e Bakhtin e foi aplicada a ferramenta de análise e planejamento de ensino proposta por Mortimer e Scott (2002), propondo uma mudança na abordagem comunicativa ao longo de cada episódio de ensino e diferentes formas de discurso (dialógico / de autoridade, interativo / não interativo) como referencial metodológico.

Defendendo esta proposta de uma aula de Física interdisciplinar e contextualizada, tendo a música como pano de fundo – permitindo que os estudantes manuseassem instrumentos musicais, canos de PVC e garrafas de diferentes tamanhos – e aproveitando os conhecimentos prévios do cotidiano e as suas representações, a intenção foi discutir conceitos científicos e promover a construção de significados e conhecimentos.

Este trabalho é inspirado nas premissas apresentadas por Morini (2009), a partir das quais foram adaptadas perguntas que foram aplicadas aos seus alunos referentes à “Notas musicais e timbre em instrumentos sonoros” (correspondente ao 4º Guia de Atividade do Produto Educacional do seu trabalho).

A dissertação está estruturada da seguinte maneira:

No Capítulo 2, (Estudos Anteriores) consta um levantamento de trabalhos referentes à Física em Instrumentos musicais. Poucos artigos abordaram o assunto de uma forma mais conceitual, sendo a maioria destes descrevendo matematicamente as ondas estacionárias produzidas em cordas vibrantes ou tubos sonoros.

O Capítulo 3 trata do Referencial Teórico e Metodológico, sob a perspectiva da abordagem sociocultural de Vygotsky. De acordo com o autor, o desenvolvimento do indivíduo só pode ser entendido quando levado em consideração o contexto social e cultural em que ele está inserido. Levaremos também em consideração alguns conceitos de alfabetização científica.

O capítulo 4 disserta sobre a Metodologia, o contexto da escola em que foi aplicado o trabalho, a estruturação das aulas, sobre a docência compartilhada nos nonos anos e a “alfabetização científica”. Ainda, serão esclarecidas as ideias da ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002) e sua aplicabilidade neste projeto.

O Capítulo 5, Aplicação dos Episódios de Ensino, descreve cada um dos seis encontros, contendo a descrição da aula, comentários, observações dos alunos e de abordagem comunicativa, caracterizadas pela maneira em que se desenrola o discurso entre professor-alunos e entre alunos.

O Capítulo 6 traz uma análise dos resultados referentes à aplicação deste projeto e a “espiral de ensino”. O capítulo 7 nos remete a percepção dos alunos em relação a este projeto.

No final do trabalho, constam os apêndices A, B, C, referentes aos questionários guia aplicados em cada um dos seis encontros realizados. No apêndice D, temos a “Autorização de uso de imagem e divulgação de nome”, entregue às famílias dos alunos. Também consta o produto educacional (apêndice E), descrevendo a proposta de cada encontro e uma sugestão de perguntas para conduzir os debates.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo traz um levantamento e alguns comentários de trabalhos relacionados à Física em Instrumentos Musicais presentes na literatura da área de Ensino de Física. Na intenção de um ensino interdisciplinar e contextualizado, a escolha do tema busca aproximar a música e os instrumentos musicais da sala de aula, revelando a riqueza de conceitos físicos e o potencial pedagógico do assunto. Como base para pesquisa e desenvolvimento do tema elaboramos as seguintes questões guia:

- *O que tem disponível na literatura referente a como trabalhar o conteúdo de ondulatória, especificamente o conteúdo de Acústica, de uma forma interdisciplinar, contextualizada e colaborativa, em que os alunos sejam protagonistas das aulas?*
- *Como dar significado aos conceitos trabalhados, para que possam desenvolver habilidades e competências relevantes para a convivência em sociedade, seguindo preceitos éticos e exercendo plenamente sua cidadania?*

A pesquisa teve como escopo artigos publicados entre 2008 e 2017, nas revistas Revista Brasileira de Ensino de Física, Ensaio: Pesquisa em Educação de Ciências, Investigações em Ensino de Ciências, Experiências em Ensino de Ciências Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Caderno Brasileiro de Ensino de Física e Ciência & Educação. A meta era encontrar artigos que tratassem de aulas de acústica contextualizadas, incrementadas com instrumentos musicais para discussão de conceitos como frequência, altura, intensidade, timbre, etc.

Como palavras-chave, a primeira busca foi por “Física e Música”. Foram descartados aqueles trabalhos que tratavam de atividades físicas e música, educação física e música, música e comportamento e demais semelhantes. Posteriormente, restringimos a pesquisa para “Física e Instrumentos Musicais”. Foram selecionados nove artigos para a análise e discussão.

O tema acústica e música é recorrente na literatura, mas são poucos os artigos que trazem propostas de aplicação de instrumentos musicais para construir significados em aulas de física, especialmente na educação básica. Verificamos que

a maioria dos autores tinha como preocupação formular e resolver equações diferenciais para descrever as ondas produzidas por instrumentos de corda ou tubos sonoros. Portanto, quase nada do encontrado seria aproveitado para o público alvo deste trabalho: nonos anos do Ensino Fundamental.

É nesta linha que Kandus, Gutmann e Castilho (2006) descrevem por completo a produção e propagação das ondas mecânicas em meios elásticos, utilizando um berimbau. Tratam da formação de ondas estacionárias no arame quando percutido, e na cabaça (caixa de ressonância), que pode ser considerada ora um tubo aberto, ora fechado, dependendo se o berimbau está ou não encostado na barriga do capoeirista. Por ser um instrumento de corda única, esticada em um arco, explicam sobre a afinação do instrumento, as variáveis que definem a velocidade de propagação da onda neste arame e dos comprimentos de onda e frequências dos harmônicos fundamental e superiores. Discutem, ainda, os fenômenos de interferência e batimentos. É interessante que, no final do artigo, há um espaço destinado à história da capoeira, preocupado com a contextualização deste episódio de ensino, fazendo-o da seguinte maneira:

O instrumento, hoje popular não apenas na Bahia mas onde quer que a capoeira seja praticada, tem a ele associados que conceitos físicos? Como ele “funciona”? Como e porque ocorrem as variações de altura e os distintos efeitos fisiológicos provocados em quem ouve? Esperamos que o texto, ainda que minimamente, tenha respondido a estas questões”. (Kandus, Gutmann e Castilho, 2006, p.432)

Catelli e Mussato (2014a) citam, em um de seus artigos, que T.D. Rossing realizou uma revisão bibliográfica e encontrou quatrocentas e quatorze referências sobre o tema deste trabalho: a acústica musical, e destacam como as características das cordas de um violão (material de que é feita, diâmetro, tensão, densidade linear) influenciam nos modos de vibração da corda. Os autores associam a equação fundamental das ondas à equação de densidade linear e, com as informações do fabricante, obtidas de uma embalagem de cordas de violão, determinam as frequências fundamentais de cada uma das seis cordas do instrumento. Discutem as fontes de erro nas medidas, como por exemplo, se a corda é ou não é encapada com enrolamento adicional de bronze. No final do artigo, os autores discursam sobre motivação e interesse pelo tema a estudar. Salientam que esta era a meta do trabalho: unir a física e a música em prol de uma aprendizagem significativa.

Em outro artigo, de Catelli e Mussato (2014b) discutem sobre tensionamento das cordas de um violão em uma afinação não convencional. Os autores recorrem a uma matemática semelhante à descrita no artigo anterior, e justificam a utilidade do trabalho para “compreender, do ponto de vista físico, o que ocorre para depois buscar combinações de frequência e calibre de corda que atendam às demandas específicas” (CATELLI e MUSSATO, 2014, 1306-6).

Já Goto (2009) descreve a relação entre a Física, a Matemática e a música, destacando as escalas musicais e os conceitos de consonância e dissonância. É um trabalho que descreve a produção e propagação do som através de leis físicas e muitas equações. Para a compreensão plena do trabalho, que transcende os conceitos básicos de física, é necessário ter conhecimento suficiente de música.

Enquanto Donoso *et al.* (2008) descrevem minuciosamente o violino em um artigo denso e cheio de fórmulas. Lima Junior, *et al.* (2012) discutem sobre a não-linearidade de fenômenos acústicos e o funcionamento da flauta transversa no Ensino de Física em Educação Superior.

Além de seus desdobramentos técnicos e tecnológicos, o campo da acústica musical tem grande potencial de contribuição para o ensino de Física na medida em que permite revisar, criticar e re-elaborar modelos acústicos que, consagrados no Ensino de Física, são aplicados frequentemente para explicar o funcionamento dos instrumentos musicais (HALLYDAY *et al.*, 2009; NUSSENZVEIG, 2004; TIPPLER; MOSCA 2009).

Santos, Molina e Tufaile (2013) instigam a utilização de violão e guitarra em sala de aula para elucidar conceitos relacionados a ondas e acústica. Para dar sustentação ao trabalho, descrevem os fenômenos ondulatórios com equações diferenciais (equação de onda), trata das variáveis que determinam a velocidade de propagação da onda na corda (densidade linear, tração). Depois, explicam sobre a diferença na captação dos sons produzidos pelo violão (microfone conectado ao computador) e pela guitarra (captadores, conectada diretamente a placa de som do computador). Os autores gravaram e analisaram o som produzido (para gravação usaram um *software* chamado *EXPstudio Audio Editor*, e para análise dos dados, *Origin 8.0*).

Em contrapartida, Lago (2005), em seu artigo, explora o interesse dos alunos por instrumentos musicais, garantindo que ao levar um instrumento musical para a

sala de aula, torna o aprendizado mais dinâmico e ajuda a consolidar a teoria. Com uma guitarra elétrica e um *software* para processamento de sinal, ilustra as propriedades sonoras e as características do som. Em um primeiro momento, trata da equação de onda, ondas estacionárias e o fenômeno do batimento. Posteriormente, descreve a guitarra elétrica, falando sobre a importância da madeira, captadores e cordas. Discute os conceitos de altura, intensidade, timbre, distorções, harmônicos naturais e artificiais.

No que se refere à parte prática, Coelho e Machado (2015) tratam de uma oficina para montagem de móveis, feitos de tubos de alumínio de diferentes comprimentos, oferecida a alunos do curso de Física da PUCRS, para formação docente complementar. Afirma que “nos livros texto, a acústica é apresentada de forma simplificada e descontextualizada de suas importantes implicações no campo musical (acústica musical). Trata da relevância da interdisciplinaridade para relacionar diferentes saberes e aplicações: fisiologia, física, música e matemática. Usa da comparação dos sons produzidos no móvel com as notas musicais de um teclado, um violão e um diapasão. Também utilizou *softwares* para afinação e análise das ondas produzidas.

Também foi utilizado nesta proposta como base para os questionários elaborados para a investigação dos conhecimentos prévios dos estudantes e debate dos conceitos (Apêndice A), o trabalho intitulado “Atividades experimentais de Física à luz da epistemologia de Laudan: ondas mecânicas no ensino médio”, (MORINI, 2009), que traz um conjunto de atividades relacionadas a ondas mecânicas integrando atividades experimentais. Cada uma dessas atividades traz uma questão central, de interesse dos alunos, contextualizada para que consigam entendê-la, mas que não sejam capazes de respondê-la somente com seus conhecimentos prévios. Para responder essa pergunta, foram elaborados guias, com questões mais simples, e a cada resposta, o aluno aprimora seus modelos conceituais na direção dos modelos científicos vigentes, dando-lhe condições de, através de uma mudança conceitual progressiva, responder à questão central.

Após a análise dos artigos encontrados foi possível perceber que os trabalhos pesquisados tinham como preferência o público mais experiente, priorizando uma matemática mais sofisticada. No entanto, nosso trabalho privilegia a alfabetização científica dos alunos mais jovens no nível fundamental, utilizando uma abordagem mais qualitativa do que quantitativa do estudo da propagação de ondas em cordas

vibrantes e tubos sonoros, enfatizando o fenômeno físico e, portanto, promovendo maior significação aos diferentes discursos em sala de aula.

3. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

Neste capítulo a intenção é demonstrar a relevância do processo de formação do aluno como cidadão crítico e atuante na sociedade, ou seja, protagonista do seu desenvolvimento pessoal, estudantil e social. Para tanto, esse referencial se baseia sob três abordagens:

(i) A sociocultural de Vygotsky, segundo o qual o desenvolvimento do indivíduo precisa levar em consideração o contexto social e cultural em que ele está inserido.

(ii) O conceito de alfabetização científica, que tem como objetivo desenvolver criticamente o potencial de pensamento do aluno para que esse possa agir em prol da sociedade a fim de transformá-la baseando-se em seus conhecimentos científicos.

(iii) A abordagem CTS que está diretamente relacionada com a alfabetização científica.

3.1 Abordagem socio-cultural de Vigotsky

O presente projeto utiliza a psicologia histórico-cultural de Lev Vygotsky como referencial teórico. Vygotsky pertence a corrente interacionista e contribui fortemente para o socioconstrutivismo. Para ele, o indivíduo desenvolve-se de acordo com o seu ambiente social, ou seja, enfatiza o processo histórico-social e o papel da linguagem como instrumento mais complexo para viabilizar a comunicação. Sem a linguagem, o ser humano não é social, nem histórico, nem cultural – evolução de homem meramente biológico para homem histórico. Nas palavras de Driscoll, “não é por meio do desenvolvimento cognitivo que o indivíduo torna-se capaz de socializar, é por meio da socialização que se dá o desenvolvimento dos processos mentais superiores” (*apud* MOREIRA, 2014, p.115).

Todo o processo de aprendizado ocorre entre sujeitos atuantes em uma interação social por meio do discurso, seja ele interativo ou não. No decorrer dessas interações os alunos vão atribuindo significados aos conceitos estudados com base em seus conhecimentos prévios, seu contexto social e suas reflexões.

De acordo com a “Lei genética de desenvolvimento cultural” de Vygotsky

Todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro no nível social, e, depois, no nível individual; primeiro entre pessoas (interpsicológica), e, depois, no interior da criança (intrapicológica). Isso se aplica igualmente para a atenção voluntária, para a memória lógica e para formação de conceitos. Todas as funções superiores originam-se das relações reais entre indivíduos humanos. (VYGOTSKY, 1991, p. 41)

Assim, tudo aquilo que conseguimos realizar mentalmente, com o auxílio de signos, foi, em algum estágio do nosso desenvolvimento, realizado em colaboração com outros, através da interação social (PEREIRA; LIMA JUNIOR, 2014, p.527). No entanto, para que esse processo ocorra significativamente, o aluno deve estar familiarizado com o contexto em que está inserido.

O sujeito é interativo, e, a partir de processos interpessoais e intrapessoais, de trocas com o meio, desenvolve-se e aprende. Para interagir, para se relacionar com o mundo, são necessários instrumentos físicos e abstratos (simbólicos). Esse processo de aprender acontece por meio da mediação, onde o indivíduo aprende com alguém mais capaz ou pelos próprios objetos.

É pela mediação que se dá a internalização (reconstrução interna de uma operação externa) de atividades e comportamentos sócio-históricos e culturais e isso é típico do domínio humano”. (GARTON *apud* MOREIRA, 2014, p.108)

Para alcançar esse propósito é necessário que utilizemos recursos que possam ser compreendidos por todos os sujeitos, pois, estes representam conceitos pré estabelecidos no imaginário de todos. Um desses recursos é o signo.

Os signos “são criações artificiais; estruturalmente, são dispositivos sociais e não orgânicos ou individuais” (VYGOTSKY, 2004, p. 93). “Assim, os signos servem como meios auxiliares para os seres humanos influenciarem o próprio comportamento, assim como o comportamento de outros...” (PEREIRA ; LIMA JUNIOR, 2014, p.525). Como exemplos de signos, temos a linguagem, a escrita, desenhos, etc.

Na escola, espaço-tempo onde ocorrerá a aprendizagem, o professor é o agente ativo que, através da mediação e de signos, propõe suas atividades práticas

(PEREIRA, A. P.; LIMA JUNIOR, P 2014). Vygotsky valoriza a escola, o professor e a intervenção pedagógica. Sua função e desafio é estabelecer a ZDP com o(s) aluno(s). É ali que ele tem a oportunidade de ensinar. A ZDP é a zona onde ocorrerá a aprendizagem e é a distância entre a Zona de Desenvolvimento Real e a Zona de Desenvolvimento Potencial. Como definição de Zona de Desenvolvimento Proximal, tem-se que:

...é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes... A zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. (VYGOTSKY, 1991, p. 58)

É nesse aspecto que Oliveira (2017) fala sobre a importância de o educador realizar trabalhos em grupos, colaborativos, entre professor e aluno, com interferências intencionais por parte do professor, que proporcionem a criança aprender no grupo e depois fazer sozinha, tomar para si o aprendizado. Para ela, mais importante do que avaliar o que foi aprendido, é avaliar o que ele está aprendendo no momento.

É a partir do desenvolvimento de uma atividade de ensino de manipulação de instrumentos musicais, através das interações aluno-professor e/ou aluno-aluno que procuraremos estabelecer a ZDP com os grupos.

Nessa interação por meio da linguagem, Bakhtin trata de dois tipos de discurso: o “de autoridade” e o “internamente persuasivo” (dialógico). Para ele, o discurso de autoridade é aquele em que os significados são imutáveis e incontestáveis, mesmo quando em contato com novas vozes – não há interanimação de vozes. Já o discurso internamente persuasivo é um discurso aberto, há interanimação de vozes, expressando mais de uma opinião. Vygotsky caracteriza o discurso como interativo (mais de uma pessoa participando) e não-interativo (participação de uma única pessoa) (WERTCH, 1991, p. 345 – 346 *apud* OLIVEIRA, 2017 p. 17).

Conciliando as ideias de discurso de Bakhtin, (dialógico / de autoridade) e Vygotsky (interativo / não-interativo), Mortimer e Scott (2002) fundamentam a ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. O centro desta

ferramenta, a “abordagem comunicativa”, caracteriza o discurso entre professor e alunos em duas dimensões: dialógico ou de autoridade, interativo ou não interativo. A ferramenta de Mortimer e Scott (2002) será discutida de uma forma mais aprofundada na seção 4.2 deste trabalho.

Sendo o objetivo do ensino construir significados, Mortimer e Scott (2002) propõem que os estudantes devem engajar-se em atividades dialógicas, interativas ou não-interativas. Os autores também enfatizam o padrão cíclico da abordagem comunicativa e o ritmo discutir (interativo / dialógico), trabalhar (interativo / de autoridade) e rever (não-interativo / de autoridade).

Então, é a partir dessas interações que os significados são construídos entre alunos e professores na intenção de formar um cidadão de caráter crítico, que mais tarde passará a agir ativamente para transformação da realidade social. No entanto, para que esse processo ocorra significativamente, o aluno deve estar familiarizado com o contexto em que está inserido.

Portanto, este trabalho se propõe a tornar a física o plano de fundo de uma questão mais urgente que é engajar ativamente os estudantes no plano social da sala de aula e da sociedade através do pensamento crítico e da autonomia, para que eles possam transformar sua realidade. Sob essa perspectiva discutiremos os conceitos de alfabetização científica e abordagem CTS.

3.2 . A alfabetização científica e a abordagem CTS

Historicamente, no ensino de Ciências / Física, as discussões, as pesquisas têm focalizado prioritariamente questões metodológicas, relativas ao como ensinar. Mais recentemente, no contexto da formação da cidadania, novas questões têm entrado em pauta. Por exemplo, a preocupação com objetivos educacionais. Em outras palavras, por que ensinar, por que aprender ciências. (AULER, 2003, p.5)

No ensino tradicionalmente praticado, o importante é medir o quanto o estudante entendeu dos conceitos ensinados para um fim específico, geralmente uma prova que quantifica o que supostamente foi aprendido. No entanto, segundo Freire (1987), citado por Auler (2003, p.4) “a alfabetização não pode configurar-se como um jogo mecânico de juntar letras. Alfabetizar, muito mais do que ler palavras, deve propiciar a “leitura do mundo””.

Nesse sentido, o ensino de ciências deve caminhar na direção de capacitar os estudantes a agirem no mundo a fim de transformá-lo por meio de sua consciência crítica e seus conhecimentos científicos e tecnológicos, uma vez que, no mundo contemporâneo é impossível pensar na vida cotidiana sem a presença da tecnologia.

Com esse pensamento, o presente trabalho busca dar um novo significado as aulas de ondulatória a partir da contextualização com os instrumentos musicais oportunizando ao estudante uma interação significativa no plano social da sala de aula a partir da interação com os instrumentos e portanto, ajudando-os desenvolver sua autonomia e pensamento crítico e investigativo. Isso está alinhado com o que é defendido na ideia de alfabetização científica-tecnológica (ACT), segundo a qual, conforme aponta Auler (2003, p.2), "...a ACT deve propiciar uma leitura crítica do mundo contemporâneo, cuja dinâmica está crescentemente relacionada ao desenvolvimento científico-tecnológico, potencializando para uma ação no sentido de sua transformação".

Ou seja, a alfabetização científica-tecnológica tem a função de desenvolver a aprendizagem do estudante na área da ciência e tecnologia para que este possa intervir na sociedade de forma a transformá-la. Para atingir esse objetivo, ela utiliza a abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) como ferramenta. Seguindo a linha de raciocínio de Auler (2003):

...entende-se que a educação em Ciências/Física deve, também, propiciar a compreensão do entorno da atividade científico-tecnológica, potencializando a participação de mais segmentos da sociedade civil, não apenas na avaliação dos impactos pós-produção, mas, principalmente, na definição de parâmetros em relação ao desenvolvimento científico-tecnológico.

O autor segue argumentando que:

A postulação de uma participação mais substancial, de mais atores sociais, justifica-se por vários motivos: Muitos dos graves problemas sociais contemporâneos não são solúveis utilizando-se apenas critérios científico-tecnológicos, considerando que estes estão configurados dentro de determinadas relações sociais. (AULER, 2003, p.4)

Concluimos que a relevância de alfabetizar cientificamente os estudantes consiste em torná-los capazes de refletir criticamente a respeito do uso e dos parâmetros acerca da tecnologia, para que este, não fique refém do conhecimento científico tecnológico. A partir dessa consciência crítica formamos cidadãos aptos a

influenciar nas decisões referentes ao conhecimento científico de maneira que eles o utilizem para resolver mais que problemas específicos no plano social de uma aula de física, mas sim estejam preparados para resolver os problemas da sociedade aplicando esses conhecimentos.

Para que esse objetivo seja alcançado, a abordagem das aulas de ciências precisa mudar. Nesse contexto, surge o movimento CTS, segundo Santos e Mortimer (2002, p.110):

Desde a década de sessenta, currículos de ensino de ciências com ênfase em CTS – ciência, tecnologia e sociedade – vêm sendo desenvolvidos no mundo inteiro. Tais currículos apresentam como objetivo central preparar os alunos para o exercício da cidadania e caracterizam-se por uma abordagem dos conteúdos científicos no seu contexto social.

Ainda na perspectiva dos autores

O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões(AIKENHEAD, 1994a; IGLESIA, 1995; HOLMAN,1988; RUBBA e WIESENMYER, 1988; SOLOMON, 1993b; YAGER, 1990; ZOLLER, 1982).

Os trabalhos curriculares em CTS emergem da necessidade de formar o cidadão em ciência e tecnologia(SANTOS;MORTIMER,2002,p.113).Por isso,

A inclusão dos temas sociais é...justificada pelo fato de eles evidenciarem as inter-relações entre os aspectos da ciência, tecnologia e sociedade e propiciarem condições para o desenvolvimento nos alunos de atitudes de tomada de decisão."(Santos, 1992:139)".

Nessa abordagem CTS, Bybee (1987) propõe, três objetivos gerais: (1) aquisição de conhecimentos, (2) utilização de habilidades e (3) desenvolvimento de valores (apud SANTOS;MORTIMER, 2002, p.114).

Segundo Santos e Mortimer (2002, p.114):

Dentre os conhecimentos e as habilidades a serem desenvolvidos, HOFSTEIN, AIKENHEAD e RIQUARTS (1988) incluem: a auto-estima, a comunicação escrita e oral, o pensamento lógico e racional para solucionar problemas, a tomada de decisão, o aprendizado colaborativo/cooperativo, a responsabilidade social, o exercício da cidadania, a flexibilidade cognitiva e o interesse em atuar em questões sociais.

Para concluir, em um mundo cada vez mais tecnológico é fundamental que preparemos os estudantes para lidar com essa realidade. Para isso, precisamos repensar o sistema educacional como um todo, mas em especial o ensino de ciências, de acordo com Santos e Mortimer (2002, p.113):

A proposta curricular de CTS corresponderia, portanto, a uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e sócio-econômicos (LÓPEZ e CEREZO, 1996).

4. METODOLOGIA

Este capítulo trata do contexto escolar onde o produto educacional foi aplicado; dos materiais utilizados nos encontros e da estrutura dos episódios de ensino. O relato das aulas ministradas é apresentado no próximo capítulo.

4.1. Contextualização da escola

4.1.1. Sobre o colégio Marista Pio XII

As aulas descritas neste trabalho foram ministradas no Colégio Marista Pio XII, colégio particular de classe média alta, em Novo Hamburgo, com alunos das turmas de nonos anos do Ensino Fundamental. No colégio, são oferecidos dois períodos semanais (regulares) de Física para as turmas, correspondendo a uma parte do componente curricular de Ciências da Natureza. Além disso, os alunos contam com tempo extra para estudos: um período para Estudos de Recuperação (para alunos convocados pelo professor, que não obtiveram desempenho satisfatório no trimestre). Este trabalho foi realizado em horários extraclasse, onde nove estudantes voluntários participaram dos encontros, em uma espécie de “aplicação piloto”, para que fosse possível gravar e transcrever os diálogos entre os participantes e, posteriormente, com as duas turmas de nonos anos nos períodos normais de aula.

O objetivo deste trabalho é desenvolver habilidades e competências que permitam compreender os fenômenos ondulatórios, utilizando alguns instrumentos de cordas e sopro. Esta proposta está de acordo com a Matriz de Referência do ENEM de Ciências da Natureza e suas tecnologias, desenvolvida pelo MEC (BRASIL, 2009):

Competência de área 1 – *Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.*

Habilidade 1 – *Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.*

Como documento de referência político-pedagógico para a gestão escolar, norteador da prática educativa-evangelizadora da rede, temos as Matrizes Curriculares de Educação Básica do Brasil Marista, última versão datada de 2016. A coleção é composta de quatro volumes, cada um correspondendo a uma área do conhecimento: Linguagens e Códigos (volume 1), Ciências Humanas (volume 2), Ciências da Natureza (volume 3) e Matemática (volume 4).

A Matriz Curricular, na prática pedagógica do Brasil Marista, não é uma simples organização do que deve ser ensinado, mas um convite à problematização dos currículos praticados e das concepções sobre as quais se assentam os campos disciplinares e as tendências metodológicas, bem como os objetos de ensino e aprendizagem, as práticas pedagógicas, a gestão da aula e do conhecimento e os instrumentos de avaliação desse processo” (UMBRASIL, 2016, p.10).

Nosso colégio optou por trabalhar com sequências didáticas com as turmas de Ensino Fundamental e Ensino Médio. Nos documentos Maristas, entende-se sequência didática como a integração entre os componentes da mesma área do conhecimento, como, por exemplo, Biologia, Física e Química. De acordo com esses documentos, a contextualização (desde que não seja forçada) torna “atrativa” a aprendizagem, e é um dos alicerces do trabalho para que seja efetivamente interdisciplinar.

A partir dos eixos estruturantes (conceitos principais das áreas, mecanismos integrativos que embasam a diversidade e singularidade de cada componente curricular), objetos de estudo (instrumentos no processo de análise-síntese na delimitação do campo de estudo dos componentes curriculares) e conteúdos nucleares (desdobramento do objeto de estudo), são elaboradas “teias do conhecimento” onde os professores organizam os conceitos a serem trabalhados em sala de aula. São os conteúdos nucleares que sustentam o desdobramento dos conteúdos curriculares. É a partir deles que serão construídos e reconstruídos, por parte dos estudantes, os conhecimentos. Concomitante, o estudante desenvolve habilidades e competências.

4.1.2. Sobre os nonos anos e a docência compartilhada

A criança não vê o mundo como nós (adultos). Lecionando Ciências (...) precisamos tentar ver o mundo através dos olhos dos alunos. Sentir, com eles, o encantamento e a surpresa de cada descoberta. O mundo é mais extraordinário do que nós pensamos. A natureza é um milagre que se renova diariamente. (UMBRASIL, 2016, p.37)

Em 2008, o Ministério da Educação determinou a ampliação do Ensino Fundamental para nove anos. Segundo os documentos e a legislação vigente, tal mudança foi estabelecida a fim de garantir uma educação de qualidade e uma estrutura curricular nesse ciclo, oportunizando mais possibilidades de aprendizagem aos estudantes. Isso gerou um movimento no cenário educacional brasileiro que desencadeou debates e exigiu reflexões da escola contemporânea.

Com a implementação do nono ano do Ensino Fundamental, realizada de forma gradativa ao longo dos últimos nove anos, o Colégio Marista Pio XII percebeu a necessidade de relacionar os componentes curriculares das áreas afins. Para alinharmos os componentes curriculares, a escola realizou um estudo de investigação pautado em teorias e estratégias que solidificaram a nossa ousadia em inovar dentro destas turmas. Além de confrontar interpretações científicas com suas interpretações baseadas no senso comum dos alunos, o objetivo dos professores de Ciências da Natureza é desmistificar e valorizar os fenômenos, bem como despertar a curiosidade do aluno em relação ao “como isso funciona”.

Essa trajetória foi um processo de muito planejamento, do qual resultou que a realização das aulas é feita no mínimo uma vez por mês com os três componentes juntos no mesmo período. Também foi proposto aulas de planejamentos semanais, entre os componentes, fazendo com que este método alicerçasse ainda mais o trabalho, pelo qual cada professor, trabalha dentro do seu componente entrelaçando meios entre a Química, a Biologia e a Física.

As avaliações referentes a esta proposta requerem uma relação integral entre os três componentes. Todas as notas individuais são realizadas com questões que se relacionam aos três componentes fazendo assim, com que a avaliação seja também interdisciplinar. As avaliações trabalhadas em grupo, que correspondem ao percentual de 30% da nota do trimestre, também contemplam os três componentes.

Esta docência compartilhada envolve a troca de saberes relacionando o conteúdo diário estudado, com os três componentes, puxando “ganchos” que auxiliam o estudante no aprendizado integral da área. Quando o professor traz exemplos que possam enriquecer o aprendizado vinculando as aulas, a mudança da realidade acontece. Nessas condições, a escola assumiu uma perspectiva de

alfabetização científica, desenvolvendo habilidades e competências a serem incorporadas no cotidiano dos indivíduos, preocupando-se com a utilização dos conhecimentos científicos em contextos escolares ou não.

Enfim, a alfabetização científica é uma proposta cuja perspectiva contribuiu para a construção de conhecimentos, procedimentos e valores que permitem aos estudantes tomar decisões éticas e perceber as muitas utilidades da ciência e suas aplicações na melhoria da qualidade de vida e suas limitações, bem como as consequências de seu desenvolvimento.

No quadro abaixo, estão elencados os conteúdos nucleares que devem ser trabalhados nos Nonos Anos da Rede Marista:

Quadro 1 - Conteúdos nucleares propostos para os nonos anos

Conteúdos nucleares do Nono Ano
<ul style="list-style-type: none"> - Teorias e modelos descritivos dos movimentos do sistema Sol, Terra e Lua e sua relação com a incidência de energia luminosa na Terra. - Luz, olho humano e ampliação da visão com o uso de artefatos tecnológicos (luneta, periscópio, telescópio e microscópio). - As leis da termodinâmica e suas relações com a ciclagem de energia e matéria e suas implicações para o metabolismo dos seres vivos. - Produção / obtenção e consumo de materiais e energia, suas implicações éticas, ambientais, sociais e econômicas, bem como, suas influências sobre os comportamentos e identidades. - Ecologia: relações e interações entre ecossistemas, biosfera e sustentabilidade, leituras em diferentes épocas e culturas. - Tecnologia associada à reciclagem e ao desenvolvimento de novos materiais na busca de soluções e de medidas preventivas, éticas e justas, para problemas socioambientais, visando à sustentabilidade. - Propriedades e transformações dos materiais orgânicos e inorgânicos: busca de alternativas éticas que respondam às demandas e necessidades materiais e energéticas da vida contemporânea. - Mudanças climáticas e aquecimento global e os conceitos físicos e químicos relacionados a esses fenômenos. - Princípios físicos, químicos e biológicos associados ao uso de radiações na

promoção da qualidade de vida individual e coletiva (tratamento de doenças, controle de qualidade de água e alimentos e sustentabilidade).

Fonte: Matrizes curriculares de educação básica do Brasil Marista: área de ciências da natureza e suas tecnologias (2016, p.60)

Mesmo que o conteúdo específico desenvolvido neste trabalho (acústica) não pertença ao quadro acima, não há problema em abordá-lo com os grupos. Existe uma flexibilidade para tal, pois podemos encaixá-lo nas sequências didáticas. Trabalhando desta forma, os alunos geralmente demonstram bastante interesse nos encontros, participando ativamente. Muitas vezes, propomos assuntos em que os próprios estudantes devem organizar pequenas palestras para o grande grupo, sendo protagonistas no processo de aprendizagem e construção de significados.

4.2. Referencial metodológico e estruturação das aulas

Antes de iniciar sua vida escolar, as crianças já convivem com fenômenos, transformações e com aparatos tecnológicos de seu dia a dia. Além disso, na Educação Infantil, como proposto na BNCC, elas têm a oportunidade de explorar ambientes e fenômenos e também a relação com seu próprio corpo e bem-estar, em todos os campos de experiências. Assim, ao iniciar o Ensino Fundamental, qualquer aluno possui vivências, saberes, interesses e curiosidades sobre o mundo natural e tecnológico que devem ser valorizadas e mobilizadas. Esse deve ser o ponto de partida de atividades que assegurem a eles construir conhecimentos sistematizados de Ciências, oferecendo-lhes elementos para que compreendam desde fenômenos de seu ambiente imediato até temáticas mais amplas. Nesse sentido, não basta que os conhecimentos científicos sejam apresentados aos alunos. É preciso oferecer oportunidades para que eles, de fato, envolvam-se em processos de aprendizagem nos quais possam vivenciar momentos de investigação que lhes possibilitem exercitar e ampliar sua curiosidade, aperfeiçoar sua capacidade de observação, de raciocínio lógico e de criação, desenvolver posturas mais colaborativas e sistematizar suas primeiras explicações sobre o mundo natural e tecnológico, e sobre seu corpo, sua saúde e bem-estar, tendo como referência os conhecimentos, as linguagens e os procedimentos próprios das Ciências da Natureza (BRASIL, 2017; p.283).

Convém dizer que uma versão preliminar deste trabalho foi aplicada no segundo semestre de 2016, onde foi abordado o conteúdo de acústica com as turmas de nonos anos, e que o objetivo era desenvolver, em grupos, alguns protótipos de instrumentos musicais (violão, flauta, xilofone, lira...). Com base em

vídeos e textos de apoio (alguns fornecidos pelo professor, outros pesquisados pelos próprios alunos, selecionados a partir de livros, revistas, internet, etc.) e muita criatividade, os alunos foram desafiados a construir, em grupos de 5 ou 6 participantes, instrumentos musicais para apresentarem no último encontro do projeto. Cada equipe deveria eleger um responsável por anotar / descrever todos os passos adotados e outro por registrar com fotos e vídeos o processo de criação. Finalmente, cada grupo deveria organizar e entregar um relatório completo com a descrição das etapas do trabalho (seria interessante constar no relatório uma avaliação da proposta pedagógica e que dessem sugestões para melhorias do projeto). O trabalho não teve o desfecho que prevíamos (faltou maturidade dos alunos, alguns dos instrumentos criados não produziam as notas musicais, os relatórios estavam bastante incompletos, sem pesquisa, etc) e, portanto, mudamos a proposta.

O trabalho foi reestruturado, para que pudéssemos aplicar a ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002), pois entendemos que a interação dos alunos com instrumentos musicais dispostos sobre uma bancada (fossem eles produzidos por especialistas ou pelos grupos de 2016) dariam mais ritmo e solidez aos discursos promovidos em sala de aula. Os encontros foram baseados nos guias encontrados em Morini (2009, p. 88-105), e adaptados para os nonos anos. Na sequência, descreveremos a proposta de Morini (2009) e, posteriormente, a ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002).

De acordo com a proposta de Morini (2009, p.40-41), a estrutura dos guias experimentais deve conter os seguintes itens:

- **Situação problema e questão central** – os guias começam com uma questão central sobre uma situação problema, cujo significado espera-se que o aluno seja capaz de compreender sem qualquer introdução ao assunto, mas não seja capaz de respondê-la somente com seus conhecimentos prévios. Não se espera que os alunos respondam a questão central nesta etapa da aula, mas passem a trabalhar em outras questões mais simples;
- **Perguntas preparatórias** – para gradualmente enriquecer os modelos conceituais dos alunos, são apresentadas quatro a cinco perguntas preparatórias mais simples do que a questão central, que devem ser respondidas, por escrito, individualmente com seus conhecimentos pré-existentes;

- **Respostas coletivas às perguntas preparatórias** – os alunos trabalham, então, em pequenos grupos, confrontando suas respostas individuais para chegar a uma ideia mais apropriada e formular respostas coletivas, que, sob a orientação do professor, são discutidas no grande grupo. Nesta etapa dos trabalhos, os grupos podem chegar a respostas corretas às perguntas preparatórias, mas isto não é imprescindível, pois as atividades experimentais reais ou virtuais os ajudarão, ainda, a aprimorar seus modelos conceituais;
- **Atividade experimental (real ou virtual)** – execução de algumas atividades experimentais em pequenos grupos. À medida que os trabalhos prosseguem, os alunos devem responder várias perguntas;
- **Respostas à questão central** – ao final, ocorre uma discussão com todos os participantes da aula sobre os resultados obtidos, as respostas dadas às várias questões e os conceitos mais relevantes que foram discutidos, retomando-se a questão central, que é respondida de forma consensual pelo grande grupo;
- **Aprofundamento** – algumas situações-problema atraentes, requerendo maior elaboração conceitual, são propostas em alguns guias.

A autora propõe que o professor não dê as respostas, mas que formule novas perguntas e fomente a discussão nos grupos, atuando como mediador. Ele tem a liberdade, durante os episódios de ensino³, de propor atividades que não estão necessariamente vinculadas aos guias.

Para a orientação dos alunos durante as atividades experimentais elaboramos guias potencialmente apropriados para uma evolução conceitual progressiva ao longo dos trabalhos, partindo de conceitos mais básicos e evoluindo para conceitos mais abstratos, procurando sempre situar as discussões na zona de desenvolvimento proximal do aluno, para que em colaboração com os colegas se sentisse mais motivado e mais apto a resolver as questões propostas. (MORINI, 2009 p.40)

A ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002) se encaixa muito bem nesta proposta. Essa ferramenta é baseada em cinco aspectos interrelacionados, promovendo as interações no grupo e, conseqüentemente, a construção de

³ Mortimer e Scott (2002) chamam de “episódio de ensino” um pequeno trecho de uma aula. Neste projeto, definimos como episódio de ensino um período de cinquenta minutos.

significados, focalizando o papel do professor. Os aspectos da análise são as intenções do professor, o conteúdo, a abordagem comunicativa (parâmetro crucial deste trabalho), padrões de interação e intervenção do professor. No quadro que se segue, trazemos a organização destes aspectos, distribuídas em foco de ensino, abordagem e ações.

Quadro 2 - A estrutura analítica: uma ferramenta para analisar as interações e a produção de significados em salas de aula de ciências

Aspectos da análise	
i. Focos de ensino	1. Intenções do professor 2. Conteúdo
ii. Abordagem	3. Abordagem comunicativa
iii. Ações	4. Padrões de interação 5. Intervenções do professor

Fonte: Mortimer e Scott (2002, p.285)

No aspecto “intenções do professor” consta como o professor vai conduzir as atividades que desenrolam a “estória científica” daquele encontro. Pode ser feito de diversas maneiras: criando um problema, explorando a visão dos alunos, introduzindo e desenvolvendo a estória científica, guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas e dando suporte ao processo de internalização, guiando os estudantes na aplicação de ideias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e responsabilidade por esse uso ou mantendo a narrativa para sustentar o desenvolvimento da “estória científica”. Para cada intenção, há um foco, um objetivo.

Quadro 3 - Intenções do Professor

<i>Intenções do professor</i>	<i>Foco</i>
Criando um problema	Engajar os estudantes, intelectual e emocionalmente, no desenvolvimento inicial da ‘estória científica’.
Explorando a visão dos estudantes	Elicitar e explorar as visões e entendimentos dos estudantes sobre idéias e fenômenos específicos.
Introduzindo e desenvolvendo a ‘estória científica’	Disponibilizar as idéias científicas (incluindo temas conceituais, epistemológicos, tecnológicos e ambientais) no plano social da sala de aula.
Guiando os estudantes no trabalho com as idéias científicas, e dando suporte ao processo de internalização	Dar oportunidades aos estudantes de falar e pensar com as novas idéias científicas, em pequenos grupos e por meio de atividades com a toda a classe. Ao mesmo tempo, dar suporte aos estudantes para produzirem significados individuais, internalizando essas idéias.
Guiando os estudantes na aplicação das	Dar suporte aos estudantes para aplicar as idéias

idéias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e responsabilidade por esse uso	científicas ensinadas a uma variedade de contextos e transferir aos estudantes controle e responsabilidade (Wood et al., 1976) pelo uso dessas ideias.
Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da 'estória científica'	Prover comentários sobre o desenrolar da 'estória científica', de modo a ajudar os estudantes a seguir seu desenvolvimento e a entender suas relações com o currículo de ciências como um todo

Fonte: Mortimer e Scott (2002, p.286)

Como característica fundamental da *linguagem social* (Bakhtin, 1986 *apud* Mortimer e Scott 2002), o “conteúdo” do discurso pode distinguir-se em descrição, explicação e generalização, podendo ser empíricas ou teóricas.

Quadro 4 - Conteúdo do Discurso

Descrição: envolve enunciados que se referem a um sistema, objeto ou fenômeno, em termos de seus constituintes ou dos deslocamentos espaço-temporais desses constituintes.
Explicação: envolve importar algum modelo teórico ou mecanismo para se referir a um fenômeno ou sistema específico.
Generalização: envolve elaborar descrições ou explicações que são independentes de um contexto específico.

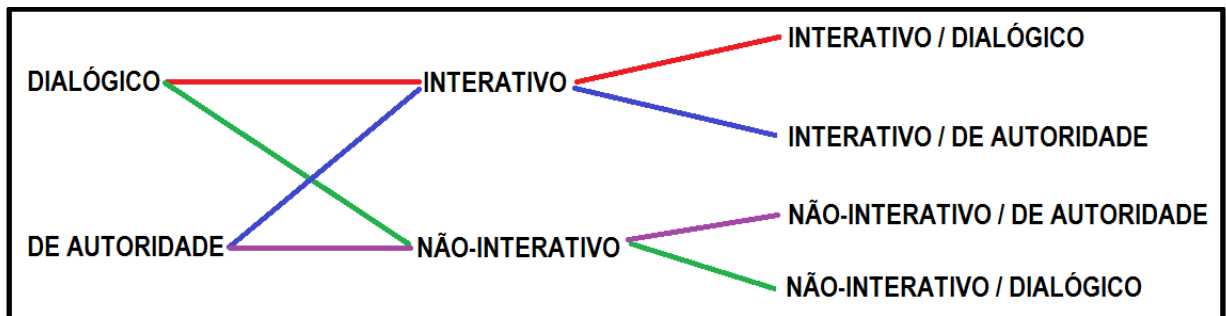
Fonte: Mortimer e Scott (2002, p.287)

Como conceito central da estrutura analítica, temos a “abordagem comunicativa”. De acordo com a característica do discurso nas interações, este pode ser classificado em termos de duas dimensões: discurso dialógico ou de autoridade; discurso interativo ou não-interativo.

Quando um professor interage com os estudantes numa sala de aula de ciências, a natureza das intervenções pode ser caracterizada em termos de dois extremos. No primeiro deles, o professor considera o que o estudante tem a dizer do ponto de vista do próprio estudante; mais de uma ‘voz’ é considerada e há uma inter-animação de ideias. Este primeiro tipo de interação constitui uma abordagem comunicativa dialógica. No segundo extremo, o professor considera o que o estudante tem a dizer apenas do ponto de vista do discurso científico escolar que está sendo construído. Este segundo tipo de interação constitui uma abordagem comunicativa de autoridade, na qual apenas uma ‘voz’ é ouvida e não há inter-animação de ideias. (Mortimer & Scott, 2002, p.287)

Sobre o discurso ser interativo ou não-interativo, envolve o número de participantes. Interativo envolve mais de uma pessoa, não interativo apenas uma. Combinando as duas dimensões, têm-se quatro classes de abordagem comunicativa:

Figura 1 - As quatro classes de abordagem comunicativa (adaptado de Mortimer & Scott, 2002, p.288)



Fonte: próprio autor

Cada um desses discursos tem uma características própria, podendo ser aplicados nas interações professor-alunos ou aluno-aluno. O quadro 5 descreve as classes de abordagem comunicativa.

Quadro 5 - As quatro classes de abordagem comunicativa

TIPO DE INTERAÇÃO	SIGLA	CARACTERÍSTICA
Interativo / dialógico	I/D	Professor e estudantes exploram ideias, formulam perguntas autênticas e oferecem, consideram e trabalham diferentes pontos de vista.
Não interativo / dialógico	N/D	Professor reconsidera, na sua fala, vários pontos de vista, destacando similaridades e diferenças.
Interativo / de autoridade	I/A	Professor geralmente conduz os estudantes por meio de uma sequência de perguntas e respostas, com o objetivo de chegar a um ponto de vista específico.
Não interativo / de autoridade	N/A	Professor apresenta um ponto de vista específico.

Fonte: adaptado de Mortimer & Scott, 2002, p.288

À medida que professor e alunos alternam turnos de fala na sala de aula, aparecem alguns “padrões de interação”. O mais comum é o I-R-A (Iniciação do professor, Resposta do aluno, Avaliação do professor), podendo aparecer variações como, por exemplo, o reforço do que o aluno acabou de falar, ou um *feedback* para uma reformulação da resposta. Interações do tipo I-R-P-R-P... ou I-R-F-R-F... (P para prosseguimento da fala do aluno e F para *Feedback*).

Quanto as “intervenções do professor”, podem ser de seis formas (Scott, 1998 *apud* Mortimer e Scott, 2002): dando forma aos significados, selecionando significados, marcando significados chaves, compartilhando significados, checando o entendimento dos estudantes e revendo o progresso da “estória científica”.

Quadro 6 - Intervenções do Professor

Intervenção do professor	Foco	Ação - o professor:
1. Dando forma aos significados	Explorar as ideias dos estudantes.	- introduz um termo novo; parafrasea um resposta do estudante; mostra a diferença entre dois significados.
2. Selecionando significados		- considera a resposta do estudante na sua fala; ignora a resposta de um estudante.
3. Marcando significados chaves	Trabalhar os significados no desenvolvimento da estória científica.	- repete um enunciado; pede ao estudantes que repita um enunciado; estabelece uma sequência I - R-A com um estudante para confirmar uma idéia; usa um tom de voz particular para realçar certas partes do enunciado.
4. Compartilhando significados	Tornar os significados disponíveis para todos os estudantes da classe.	- repete a ideia de um estudante para toda a classe; pede a um estudante que repita um enunciado para a classe; compartilha resultados dos diferentes grupos com toda a classe; pede aos estudantes que organizem suas idéias ou dados de experimentos para relatarem para toda a classe.
5. Checando o entendimento dos estudantes	Verificar que significados os estudantes estão atribuindo em situações específicas.	- pede a um estudante que explique melhor sua ideia; solicita ao estudantes que escrevam suas explicações; verifica se há consenso da classe sobre determinados significados.

6. Revendo o progresso da estória científica	Recapitular e antecipar significados	- sintetiza os resultados de um experimentos particular; recapitula as atividades de uma aula anterior; revê o progresso no desenvolvimento da estória científica até então.
--	--------------------------------------	--

Fonte: adaptado de Mortimer & Scott, 2002, p.289

Para cada Planejamento de Episódio (seção 4.3) criamos um quadro de planejamento de ensino, onde constam estes cinco aspectos, cada um deles descrevendo a intencionalidade de cada encontro. Daremos destaque à abordagem comunicativa.

4.2.1 A estratégia de ensino, organização do espaço e do material

Os dois primeiros encontros (episódios 1 e 2) foram planejados para ser trabalhados na sala de aula, utilizando espirais de caderno, apresentação em *power point* e projetor. As aulas experimentais (episódios 3, 4, 5 e 6) foram planejadas para ser ministradas no laboratório do colégio, por questão de logística. Como as aulas devem ser trabalhadas com as duas turmas, para não precisar montar, desmontar e remontar todos os equipamentos, escolhemos esse espaço.

Para a realização das práticas, são necessários os seguintes materiais: computador (com o *software Spectrogram* - *software* gratuito, porém não é livre), cabo de guitarra, microfone, amplificador, espiral de caderno, diapasão, guitarra, cavaquinho, apito, flauta doce, afinador digital (pode ser instalado no celular), flauta transversal artesanal, feita de PVC, flauta pan artesanal, feita de PVC, garrafas de vidro de diferentes tamanhos, e garrafas de vidro preenchidas com água, em diferentes alturas.

Uma maneira interessante de organizar os encontros é variar o discurso, partindo dos diversos pontos de vista do aluno e convergindo para o ponto de vista científico. Conforme os encontros progridem, a tendência é que a abordagem comunicativa passe por um ciclo semelhante a:

INTERATIVA / DIALÓGICA – INTERATIVA / DE AUTORIDADE – NÃO-INTERATIVA / DE AUTORIDADE

Acreditamos que esta seja a tendência de uma aula ideal, onde se debatem ideias (transformando o discurso popular em científico) e, conseqüentemente, desenvolvendo o protagonismo estudantil. Na maioria das vezes, o que verificamos é que infelizmente, por conveniência e praticidade, seguimos o sentido contrário: não interativa / de autoridade – interativa de autoridade, quase nada de interativa / dialógica. Pouquíssimo espaço para diálogos; o professor fala, os alunos escutam e “aceitam”. O que fazemos, cotidianamente, é o legítimo “dar aula”.

Para os cinco ciclos programados (episódios 1 e 2, episódio 3, episódio 4, episódio 5 e episódio 6), o padrão das atividades é o seguinte:

Discutir ideias (professor-estudantes, estudante-estudante) relevantes para o desenvolvimento da “estória científica” (I / D);

Trabalhar estas ideias com atividades experimentais, selecionando aquelas que dão seguimento ao desenvolvimento da “estória científica” (I / A);

Rever o progresso no desenvolvimento da “estória científica”, sintetizando os pontos chaves e antecipando os próximos passos (N / A).

4.3 Planejamento dos Episódios

Neste capítulo, fizemos o planejamento de cada um dos episódios de ensino, organizando os materiais que seriam utilizados, os temas e conceitos chave que seriam trabalhados. No final de cada planejamento, criamos um quadro que consta aquilo que esperamos que aconteça em cada encontro, uma previsão. No capítulo 5 (Aplicação do Episódios de Ensino), contamos o que realmente aconteceu em cada uma das aulas.

4.3.1 Planejamento dos episódios 1 e 2

Os dois primeiros episódios tem como objetivo elucidar, a partir de alguns *slides* (ANEXO A) e com um espiral de caderno, os conceitos básicos de ondas: definição de onda, classificação quanto ao número de dimensões (ondas unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais) classificação das ondas quanto a

direção de propagação em relação a direção da vibração (ondas transversais e longitudinais) e quanto a natureza (ondas mecânicas e eletromagnéticas). Trabalhar as definições de período, frequência, alongação, amplitude, velocidade de propagação da onda, comprimento de onda. Também serão tratados, superficialmente, os conceitos de reflexão e refração das ondas.

Quadro 7 - Materiais utilizados em Episódios 1 e 2

MATERIAIS UTILIZADOS PELOS ALUNOS
<ul style="list-style-type: none"> • espiral de caderno; • <i>power point</i> com a parte teórica e questões para trabalhar em aula.

Fonte: próprio autor

Quadro 8 - Proposta Episódios 1 e 2

PROPOSTA	
Intenções do professor	<u>Criando um problema;</u> <u>Explorando a visão dos estudantes;</u> <u>Introduzindo e desenvolvendo a “estória científica”.</u>
Conteúdo	<u>Descrição (teórica).</u> <ul style="list-style-type: none"> • Classificação das ondas; • Conceitos de período, frequência, comprimento de onda, concordância e oposição de fase, cristas e vales; • Discutir a importância das ondas no cotidiano.
Abordagem comunicativa	Previsão para as variações do discurso: <i>Parte 1:</i> Encontro baseado em uma abordagem essencialmente <u>não-interativa / de autoridade</u> , expondo conceitos em alguns <i>slides</i> e fazendo demonstrações com um espiral de caderno; <i>Parte 2:</i> <u>Interativa / de autoridade</u> , por meio de perguntas aos alunos referente as situações e conceitos apresentados.
Padrões de interação	Parte 1: Sem interação. Parte 2: I – R – A.
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dando forma aos significados;</u> • <u>Selecionando significados</u> (trabalhar os significados no desenvolvimento da estória científica); • <u>Marcando significados chaves.</u>

Fonte: adaptado de Mortimer & Scott, 2002

4.3.2 Planejamento do episódio 3

Nesse encontro, entregaremos aos alunos o documento que consta a apresentação deste projeto e um questionário referente aos episódios 3 e 4. Discutiremos sobre as características que diferem as vozes em um coral e sons produzidos por um instrumento de cordas, tratando da altura e intensidade do som.

Quadro 9 - Materiais utilizados em Episódio 3

MATERIAIS UTILIZADOS PELOS ALUNOS
<ul style="list-style-type: none"> • espiral de caderno; • apito; • flauta doce; • flauta doce (artesanal) feita de PVC, • flauta pan (artesanal) feita de PVC; • garrafas de vidro de tamanhos diferentes; • garrafas de vidro preenchidas com água, em diferentes alturas.

Fonte: próprio autor

Abaixo, uma parte do texto extraído desse material, informando a situação problema e a questão central escolhida:

NOTAS MUSICAIS E TIMBRE EM INSTRUMENTOS MUSICAIS

(Material extraído de Morini, 2009. P. 98 – 105)

Quando se escuta uma música, consegue-se identificar os diferentes instrumentos utilizados na execução da música, mesmo quando a nota tocada pelos diferentes instrumentos é a mesma. O que faz com que o som de cada instrumento seja diferente?

Para chegar à resposta desta questão, você vai inicialmente responder questões mais simples e realizar as atividades propostas para então ao final retornar a esta.

A primeira parte do encontro baseia-se na apresentação de dois vídeos: no primeiro, a apresentação de um grupo de cantores (coral); no segundo, um guitarrista tangindo as cordas do seu instrumento musical. A partir daí, os estudantes devem inicialmente responder sozinhos às perguntas preparatórias do questionário e, posteriormente, socializar e discutir as respostas em pequenos grupos. Eles podem interagir com os materiais da bancada, mas com participação mínima do professor.

Destacamos, desde já, que para os questionários empregados nos episódios 3, 4, 5 e 6, adotamos a seguinte legenda: **P** são as perguntas que exigem respostas pessoais (individuais), **G** são momentos de socialização das respostas com o grupo, buscando um consenso e **E** são questões a serem respondidas após as práticas experimentais.

QUESTIONÁRIO / GUIA EPISÓDIO 3: Responda individualmente as cinco primeiras questões.

P.1) *Quando se escuta um coral cantando, percebe-se que há pessoas que tem uma voz mais grave e outras com voz mais aguda. Qual a diferença entre um som grave e um agudo?*

P.2) *Por que motivo o músico quando toca um violão altera a posição do dedo que pressiona uma das cordas no braço do violão? O que ocorre com o som emitido pela corda à medida que há um encurtamento na parte da corda vibrante?*

P.3) *Quais são as notas musicais conhecidas? O que faz com que as notas musicais sejam diferentes?*

P.4) *Quando o volume sonoro de um aparelho de som é intensificado, o que ocorre com a altura do som?*

P.5) *Em garrafas de diferentes comprimentos, quando se sopra paralelamente à boca da garrafa se percebe que há sons emitidos. O que acontece com os sons produzidos com garrafas de diferentes comprimentos?*

As questões G1 e G2 devem ser discutidas em grupos.

G.1) As respostas das questões anteriores que você considera como corretas devem ser expostas aos membros do grupo. Discuta com seu grupo sobre suas previsões. As suas respostas estão de acordo com a de seus colegas?

Vocês devem discutir as previsões de cada componente e confrontar umas com as outras.

G.2) O grupo pode chegar a uma ideia final para cada questão anterior. Qual seria esta ideia em relação às cinco questões anteriores?

Quadro 10 - Proposta Episódio 3

PROPOSTA	
Intenções do professor	<p><u>Explorando a visão dos estudantes.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Explorar as ideias dos alunos sobre sons e notas musicais; <p><u>Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas, e dando suporte ao processo de internalização.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Compreender a diferença entre os conceitos de grave e agudo (altura do som) e forte e fraco (intensidade do som)
Conteúdo	<p><u>Explicação (empírica).</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrever, por meio da experimentação, aquilo que está “sentindo” a respeito dos sons.
Abordagem comunicativa	<p>Previsão para as variações do discurso:</p> <p>1° <u>Interativo / dialógico</u> com um vídeo de um coral, discutindo porque geralmente, um homem tem voz mais “grossa” que a da mulher. Depois, com o vídeo de um guitarrista fazendo um solo, discutindo porque os sons são diferentes a cada tangida nas cordas do instrumento. Posteriormente, os alunos respondem o questionário a partir de seu ponto de vista (de P.1 a P.5.), confrontando as suas respostas com os colegas (G.1 e G.2).</p> <p>2° - <u>Interativo / de autoridade</u>, professor entra no debate, buscando um consenso entre as respostas (aluno debate com o grupo as questões G.1 e G.2);</p> <p>3° - <u>Não-interativo / de autoridade</u>, apresentando uma evolução da “estória científica” nas respostas, associando os conceitos de frequência, comprimento de onda e amplitude às</p>

	ondas sonoras às qualidades fisiológicas do som: altura e intensidade.
Padrões de interação	Previsão I – R – P (ou F) – R – P (ou F)...
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Explorando a visão dos estudantes;</u> • <u>Selecionando significados</u> (trabalhar os significados no desenvolvimento da “estória científica”); • Marcando significados chaves; • Compartilhando significados.

Fonte: adaptado de Mortimer & Scott, 2002

4.3.4 Planejamento do episódio 4

Este episódio é baseado em uma série de experimentos, utilizando um diapasão, um apito, garrafas de vidro de diferentes tamanhos, garrafas preenchidas com água em diferentes alturas, flauta de pan e flauta transversal. O objetivo é produzir sons em tubos abertos e fechados, avaliando as características desses sons no que diz respeito às frequências de vibração na coluna de ar. Utilizando o *software Spectrogram*, o microfone do próprio computador e um afinador eletrônico instalado no celular, iremos captar essas ondas para compreender o conceito de harmônico fundamental (ou frequência fundamental) e demais harmônicos.

Quadro 11 - Materiais utilizados em Episódio 4

MATERIAL UTILIZADO PELOS ALUNOS
<ul style="list-style-type: none"> • microfone; • computador; • <i>Spectrogram</i>; • diapasão; • afinador digital; • apito; • garrafas de vidro de tamanhos diferentes; • garrafas de vidro preenchidas com água, em diferentes alturas; • flauta doce; • flauta transversal (artesanal) feita de PVC;

- flauta pan (artesanal) feita de PVC.

Fonte: próprio autor

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Pegue garrafas de vidro de diferentes tamanhos e sopre pronunciando a palavra “tu” de tal forma que a corrente de ar que sai de sua boca esteja aproximadamente perpendicular à boca das garrafas. Utilize o microfone e o software Spectrogram para anotar a frequência fundamental produzida em cada garrafa.

QUESTIONÁRIO / GUIA EPISÓDIO 4: Questões devem ser discutidas em grupo.

E.1) *Qual a diferença do som obtido com a maior garrafa em relação ao da menor?*

E.2) *Observando no software Spectrogram, o que diferencia os sons obtidos de diferentes garrafas quanto às suas frequências?*

E.3) *Qual é a relação entre o comprimento das garrafas e a distância entre os orifícios os quais vão sendo abertos em direção ao bocal da flauta?*

E.4) *Dentro de qualquer tubo (seja em garrafas de diferentes comprimentos, em uma flauta ou tubos de ensaio) o que ocorre com a frequência do som emitido à medida que o comprimento da coluna de ar é reduzida?*

Quadro 12 - Proposta Episódio 4

PROPOSTA	
Intenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas, e dando suporte ao processo de internalização.</u>
Conteúdo	<p><u>Explicação teórica.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar, por meio do <i>software Spectrogram</i>, as frequências fundamentais do apito e das garrafas. • Verificar a diferença entre os sons produzidos por uma flauta transversal artesanal e uma flauta de pan artesanal, confeccionadas pelos alunos em 2016.

Abordagem comunicativa	<p>Previsão das variações do discurso:</p> <p>1° - <u>Interativo / dialógico</u> (enquanto os alunos interagem com o apito, as garrafas e as flautas, respondendo de E.1 à E.4);</p> <p>2° - <u>Interativo / de autoridade</u> (usando o <i>software Spectrogram</i> para elucidar os conceitos de tubos sonoros, frequência fundamental, harmônicos...)</p> <p>3° <u>Não-interativo / de autoridade</u>, reforçando os conceitos de altura, frequência fundamental e harmônicos.</p>
Padrões de interação	Previsão I – R – P ou F – R – P ou F...
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar as ideias dos estudantes e <u>dando forma aos significados</u>; • <u>Selecionando significados</u> (trabalhar os significados no desenvolvimento da “estória científica”); • <u>Marcando significados chaves</u> (notas musicais, frequência fundamental, harmônicos); • <u>Compartilhando significados</u>, discutindo o significado das imagens na tela do <i>Spectrogram</i>; • <u>Checando o entendimento dos estudantes</u>, analisando as respostas no questionário.

Fonte: adaptado de Mortimer & Scott, 2002

4.3.5 Planejamento do episódio 5

Neste episódio, os estudantes devem realizar a seguinte prática: conectar a guitarra na placa de som do computador e identificar a frequência fundamental de cada uma das cordas do instrumento. Depois, devem eleger uma das cordas e medir a frequência do som produzido, pressionando cada espaço entre os trastes (casas) do braço da guitarra. Ainda, devem verificar que uma corda não vibra em um único modo e que alguns modos perduram mais que outros (para isso, empregar o *software Spectrogram* e um afinador instalado no celular). No final do episódio, comparar os sons de uma nota musical (uma corda vibrando) e o respectivo acorde (várias cordas vibrando).

Quadro 13 - Materiais utilizados no Episódio 5

MATERIAIS UTILIZADOS PELOS ALUNOS
<ul style="list-style-type: none"> • microfone; • computador; • <i>Spectrogram</i>; • guitarra; • cavaquinho; • diapasão; • afinador eletrônico.

Fonte: próprio autor

QUESTIONÁRIO / GUIA EPISÓDIO 5:

E.5) Os violões possuem seis cordas. Quais os valores das frequências fundamentais obtidas em cada corda (inicie da mais fina para a mais grossa)? Anote no quadro abaixo os resultados obtidos (considerando que o violão sobre a mesa está nas condições ideais de trabalho, você pode baixar, para o seu celular, algum app para afinação).

Quadro 14 - Frequências fundamentais das cordas de uma guitarra

CORDAS	1ª corda	2ª corda	3ª corda	4ª corda	5ª corda	6ª corda
FREQUÊNCIAS (Hz)						

Fonte: Morini, 2009

E.6) Qual a dependência entre a espessura da corda e a frequência obtida?

Utilize o software *Spectrogram* para observar o que ocorre com a frequência quando, em uma mesma corda, for alterada a posição do dedo que a pressiona, encurtando o segmento vibrante.

E.7) O que ocorre com o valor da frequência à medida que o segmento vibrante vai sendo reduzido?

Escolha uma corda do violão entre a primeira (mais fina) e a sexta (mais grossa). No braço do violão existem traços transversais a ele, que são chamados de trastes. Para a corda escolhida, posicione o dedo indicador em cada espaço entre um traste e outro em doze intervalos seguidos. Anote os valores no quadro abaixo.

Quadro 15 - Medindo as frequências em cada traste de uma das cordas da guitarra

INTERVALO ENTRE TRASTES	Toda corda	1° e 2°	2° e 3°	3° e 4°	4° e 5°	5° e 6°	6° e 7°	7° e 8°	8° e 9°	9° e 10°	10° e 11°	11° e 12°	12° e 13°
FREQUÊNCIAS (Hz)	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}

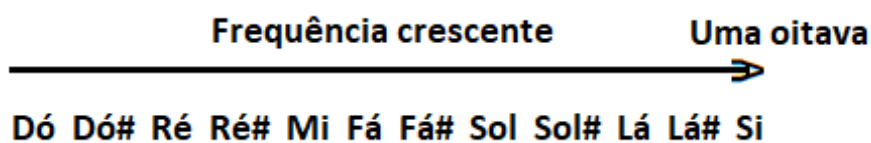
Fonte: Morini, 2009

E.8) Qual é a corda escolhida?

A escala musical é uma sucessão de tons e semitons até completar uma oitava, iniciando-se e finalizando-se na mesma nota.

Observe uma das seqüências possíveis completando uma oitava:

Figura 2 - Notas musicais que compreendem uma oitava



Fonte: Morini, 2009 (adaptada)

Resolva a razão entre as frequências de trastes seguidos e preencha o quadro 17:

Quadro 16 - Razão entre as frequências (f_{n+1}/f_n) para uma corda da guitarra

Razão entre as frequências	f_2/f_1	f_3/f_2	f_4/f_3	f_5/f_4	f_6/f_5	f_7/f_6	f_8/f_7	f_9/f_8	f_{10}/f_9	f_{11}/f_{10}	f_{12}/f_{11}	f_{13}/f_{12}
Resultado obtido												

Fonte: Morini, 2009

E.9) Há alguma relação entre cada uma das razões de frequências dos intervalos entre trastes calculada na tabela anterior?

E.10) As frequências fundamentais obtidas em cada corda solta da mais fina para a mais grossa, ou seja, de maior para menor frequência são respectivamente o Mi, Si, Sol, Ré, Lá, Mi (sendo que esta está a duas oitavas abaixo do 1° Mi). Qual foi a nota obtida na corda solta que o grupo escolheu?

Discuta com todos os componentes da turma as próximas questões (E.11 e E.12).

E.11) Questionar o que segue aos grupos que escolheram a primeira corda (corda mais fina) e os que escolheram a última corda (corda mais grossa). Quais as frequências fundamentais obtidas para estes grupos?

E.12) Qual é a relação matemática do Mi da corda mais fina para o Mi duas oitavas abaixo na corda mais grossa?

Quadro 17 - Proposta Episódio 5

PROPOSTA

Intenções do professor	<p><u>Guiando os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e responsabilidade por esse uso.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Relacionar o que foi aprendido com os tubos sonoros com as cordas da guitarra.
Conteúdo	<p><u>Explicação / Generalização</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar, por meio do <i>software Spectrogram</i>, as frequências fundamentais das cordas de uma guitarra. • Determinar a frequência entre os trastes para uma das cordas e calcular o intervalo entre os semitons.
Abordagem comunicativa	<p>Previsão das variações do discurso:</p> <p>1° - <u>Interativo / dialógico</u> (enquanto os alunos interagem com a guitarra e com o <i>software Spectrogram</i>, respondendo de E.5 à E.7);</p> <p>2° - <u>Interativo / de autoridade</u> (uso do <i>software Spectrogram</i> para elucidar os conceitos de cordas vibrantes, frequência fundamental, harmônicos, intervalo dois sons, respondendo de E.8 à E.12);</p> <p>3° <u>Não-interativo / de autoridade</u>, compreendendo que existe uma relação entre a frequência fundamental e a nota musical.</p>
Padrões de interação	Previsão I – R – P ou F – R – P ou F
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar as ideias dos estudantes, <u>dando forma aos significados</u>; • <u>Selecionando significados</u> (trabalhar os significados no desenvolvimento da “estória científica”); • <u>Marcando significados chaves</u> (notas musicais, frequência fundamental, harmônicos, tons e semitons); • <u>Compartilhando significados</u>, discutindo o significado das imagens na tela do <i>Spectrogram</i>; • <u>Checando o entendimento dos estudantes</u>, analisando as respostas no questionário.

Fonte: adaptado de Mortimer & Scott, 2002

4.3.6 Planejamento do episódio 6

Após finalizar a sequência de episódios, o grupo deverá ser capaz de reconhecer as diferenças entre altura, intensidade e timbre, comparando os espectros de frequência produzidos por cada instrumento (garrafas, flauta de pan e guitarra) ao emitirem uma nota musical. Finalmente, depois de responderem este questionário guia, os alunos devem deixar uma mensagem sinalizando sua percepção do projeto, bem como sugestões para melhorias.

Quadro 18 - Materiais utilizados no Episódio 6

MATERIAL UTILIZADO PELOS ALUNOS
<ul style="list-style-type: none"> • microfone; • computador; • <i>Spectrogram</i>; • diapasão; • afinador digital; • guitarra; • cavaquinho; • apito; • garrafas de vidro de tamanhos diferentes; • garrafas de vidro preenchidas com água, em diferentes alturas; • flauta doce; • flauta transversal (artesanal) feita de PVC, • flauta pan (artesanal) feita de PVC;

Fonte: próprio autor

QUESTIONÁRIO / GUIA EPISÓDIO 6:

Depois de responder à questão E.10 e conhecer a figura 2 referente às notas musicais que formam uma oitava, você já tem condições de relacionar as frequências estabelecidas em cada espaço entre um traste e outro com as notas musicais referentes a estes. Preencha o quadro com as frequências já conhecidas

em cada intervalo e na coluna abaixo preencha com as notas musicais referentes à cada frequência.

Quadro 19 - Intervalo entre os trastes

INTERVALO ENTRE TRASTES	Toda corda	1° e 2°	2° e 3°	3° e 4°	4° e 5°	5° e 6°	6° e 7°	7° e 8°	8° e 9°	9° e 10°	10° e 11°	11° e 12°	12° e 13°
FREQUÊNCIAS (Hz)													
NOTA MUSICAL													

Fonte: Morini, 2009

Analise a mesma nota musical gerada por um violão e um diapasão que é um instrumento que serve para medir frequência. Observe os picos de intensidade de frequência no software Spectrogram do violão e o diapasão para a mesma nota musical.

E.13) Um método tradicional de afinar um violão é utilizar um diapasão que emite a nota Lá na frequência de 440 Hz comparando com a nota emitida na 1ª corda ajustada na 5ª casa, pois quando afinada esta também deve emitir o som de frequência Lá igual a 440 Hz. Observando no *software Spectrogram* há alguma diferença entre os picos de frequência do violão para o diapasão? Pode-se dizer que o som emitido pelos dois é exatamente o mesmo?

Modifique a posição do toque mantendo a mesma corda pressionada no mesmo traste. Aproxime o toque da ponte onde a corda está presa. A mesma nota deve ser produzida.

E.14) Quando se modifica a posição do toque na mesma corda esta emite a mesma nota musical mas o som emitido não é exatamente o mesmo. O que gera esta diferença?

Comparando uma flauta pan com o violão:

E.15) Observe o comportamento dos picos de frequência além da fundamental. Estes picos de frequências (na nota emitida pelo violão e na nota emitida pela flauta) tem os mesmos valores?

E.16) O som que você escuta quando a mesma nota é emitida é exatamente o mesmo? Se a resposta for negativa, o que faz com que sejam diferentes?

Discutir o problema inicial com todos os integrantes da sala de aula.

Após todas as análises e informações que obtiveram, vocês já tem condições de responder à problemática inicial:

“Quando se escuta uma música, consegue-se identificar os diferentes instrumentos utilizados na execução da música, mesmo quando a nota tocada pelos diferentes instrumentos seja a mesma. O que faz com que o som de cada instrumento seja diferente? ”

Quadro 20 - Proposta Episódio 6

PROPOSTA	
Intenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da “estória científica”.</u>
Conteúdo	<p><u>Explicação / Generalização.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar, por meio do <i>software Spectrogram</i>, as frequências nos intervalos entre os trastes de uma corda da guitarra; • Calcular o intervalo entre dois semitons consecutivos; • Comparar o Lá (440 Hz) produzido pelo diapasão com o Lá da 5ª casa, 1ª corda da guitarra; • Comparar notas iguais, de mesma intensidade, produzidas por fontes sonoras diferentes.
Abordagem	Previsão das variações do discurso:

comunicativa	<p>1° - <u>Interativo / dialógico</u> (fazendo a ligação entre as frequências entre os trastes e as notas musicais, responder E.13 e E.14);</p> <p>2° - <u>Interativo / de autoridade</u> (enquanto comparam os sons produzidos pelo diapasão, pela guitarra, pelo cavaquinho, pelo apito, pelas garrafas e pelas flautas, respondem de E.15 e E.16);</p> <p>3° <u>Não-interativo / dialógico</u>, contrapondo as ideias iniciais às ideias científicas, e respondendo à questão central.</p>
Padrões de interação	Previsão I – R – P ou F – R – P ou F
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Selecionando significados</u> (trabalhar os significados no desenvolvimento da “estória científica”); • <u>Marcando significados chaves</u> (notas musicais, frequência fundamental, harmônicos, tons e semitons); • <u>Compartilhando significados</u>, comparar as imagens na tela do <i>Spectrogram</i> para as garrafas, a flauta pan e a guitarra. Finalizar entendendo as qualidades fisiológicas do som: altura, intensidade e timbre; • <u>Checando o entendimento dos estudantes</u>, analisando as respostas no questionário.

Fonte: adaptado de Mortimer & Scott, 2002

4.4. Material elaborado

Para os episódios 1 e 2 foi disponibilizado uma apresentação em *power point*, onde constam os conceitos básicos de ondulatória. Os episódios 3, 4, 5 e 6 contam com os questionários guia para os experimentos e discussões em grupo.

O quadro abaixo faz referência aos apêndices desta dissertação:

Quadro 21 - Ítens anexos

EPISÓDIO	MATERIAL DISPONÍVEL	ASSUNTO	APÊNDICE
1 e 2	Apresentação de <i>slides</i>	Conceitos fundamentais de ondulatória	A
3 e 4	Questionário Guia	Tubos sonoros	B
5 e 6	Questionário Guia	Cordas vibrantes Comparando os instrumentos musicais Resposta à questão central	C
	Autorização do uso de	Autorização do uso de imagem	D

	imagem		
	Produto Educacional	Organização para o professor	E

Fonte: próprio autor

5. APLICAÇÃO DOS EPISÓDIOS DE ENSINO

O presente trabalho foi aplicado em duas etapas: os episódios 1 e 2 com as duas turmas de nonos anos do colégio, porém para o relato destes encontros utilizamos apenas os dados fornecidos por uma das turmas. Foi escolhida a turma que teve uma participação mais efetiva na proposta (fig. 3). Os episódios 3, 4, 5 e 6 foram aplicados no laboratório de Física, com um grupo de nove voluntários.

Para que pudéssemos transcrever os eventuais diálogos ocorridos durante os episódios de ensino, os seis encontros foram filmados. Para tanto, foi solicitado às famílias, através de uma autorização de uso de imagem e divulgação do nome (APÊNDICE D), a participação dos alunos neste trabalho. Mesmo com uma resposta positiva dos pais, respeitando a privacidade dos alunos, seus nomes não serão mencionados, sendo substituído por “Aluno x”. Quando a resposta é coletiva, chamamos de “Turma”.

Os vídeos foram analisados e os diálogos que constam nessa dissertação são aqueles que consideramos os mais interessantes e relevantes, não sendo, portanto, reproduzidos integralmente.

5.1. Aplicação do episódio 1

Neste primeiro encontro, realizado na sala de aula com todos os alunos, iniciamos colocando a câmera sobre a mesa e explicamos sobre a importância da filmagem e que nosso interesse maior eram os discursos que apareceriam nos episódios de ensino, o que causou um alvoroço na sala de aula. Muita bagunça, brincadeiras e gritaria, até que uma voz do fundo questiona: *“Tem que ficar quietinho, né sor?”*. Em seguida, depois da novidade, acalmaram-se.

A figura 3 mostra a organização do espaço da sala de aula e a quantidade de alunos participantes desse encontro – quase toda a turma estava presente.

Figura 3 - Turma 191



Fonte: próprio autor

Assim o professor começou a explicação: *“Pessoal, o objetivo de hoje é a gente trabalhar com o conteúdo de Ondas. Não é necessário copiar, depois eu posso mandar esse material para vocês. Então... O que que é uma onda? Vocês sabem me explicar o que que é uma onda? Como é que a gente cria uma onda?”*

A partir desses questionamentos, definimos os conceitos básicos de ondulatória para que, posteriormente, pudéssemos trabalhar com Acústica. Através de uma apresentação de *slides* (APÊNDICE A), elucidamos as principais características das ondas e as suas classificações.

Explicamos que toda onda tem como propriedade o transporte de energia e quantidade de movimento de um ponto a outro no espaço, sem o transporte de matéria. Discutimos sobre o número de dimensões em que uma onda se propaga (unidimensional, bidimensional e tridimensional) e sobre a direção de vibração comparada a direção de propagação (transversais e longitudinais).

Para auxiliar na compreensão desta classificação, unimos dois espirais de caderno, um na extremidade do outro, e esticamos de ponta a ponta na sala de aula. Balançamos os espirais com movimentos verticais (perpendiculares ao plano em que se encontravam os espirais) e produzimos pulsos transversais. Em seguida, puxamos uma das voltas do espiral e soltamos, produzindo um pulso longitudinal.

Figura 4 - Espirais usados na aula



Fonte: próprio autor

“Professor: Uma outra maneira da gente diferenciar ondas é quanto a direção da vibração comparada a direção de propagação. Uma onda pode ser do tipo transversal ou longitudinal. O que que seria uma onda transversal? Uma onda transversal é algo assim (o professor pede para um aluno segurar uma das extremidades do espiral e o balança para baixo e para cima). Aponta para a direção em que o espiral está esticado e diz: esta daqui é a direção em que a onda vai se propagar, e esta é a direção de vibração, perpendicular à propagação.

Professor: Quando a direção da vibração é perpendicular à direção de propagação, a onda é dita transversal. A gente consegue enxergar direitinho onde está o pulso, a energia. Também dá para perceber a reflexão do pulso.

Professor: O que seria uma onda do tipo longitudinal? Uma onda longitudinal é aquela em que a direção de vibração é paralela à direção de propagação. (O professor puxa uma das voltas do espiral contra o peito e solta). Dá para ver direitinho onde está o pulso, não dá?

Percebemos que nessa fase inicial, o professor apenas descrevia as características do objeto de estudo: as ondas. O conteúdo do discurso foi uma descrição teórica da classificação das ondas, em uma abordagem comunicativa essencialmente não-interativa / de autoridade. A intenção do professor nesse momento foi introduzir e desenvolver um vocabulário próprio das ciências, para que os alunos pudessem descrever os fenômenos associados à Acústica. Até então, como apenas o professor teve a palavra, não houve interação e como intervenção podemos considerar que foram apresentadas informações e instruções.

Quadro 22 – Síntese dos aspectos chaves de Episódio 1, Parte 1

EPISÓDIO 1 - PARTE 1	
Intenções do professor	<u>Criando um problema;</u> <u>Introduzindo e desenvolvendo a “estória científica”.</u>
Conteúdo	<u>Descrição (teórica)</u> • Classificação das ondas quanto ao número de direções de propagação e quanto a direção de vibração.
Abordagem comunicativa	Essencialmente <u>não-interativa / de autoridade</u> , expondo conceitos em alguns <i>slides</i> e fazendo demonstrações com um espiral de caderno.
Padrões de interação	Não houve interação.
Intervenções do professor	• <u>Dando forma aos significados.</u>

Fonte: próprio autor

Em um certo momento da aula, houve a seguinte manifestação de um aluno:

Aluno não-identificado: Ô sor, e quando dois pulsos se encontram?

Professor: Dai temos interferência.”

Deste ponto em diante, houve uma tímida participação da turma. Na situação acima, o professor apenas respondeu, sem detalhar o fenômeno de interferência. O discurso do professor continuou sendo não-interativo / de autoridade.

Figura 5 - Apresentação de ondas transversais e longitudinais utilizando os espirais



Fonte: próprio autor

Neste encontro, trabalhamos também com a natureza das ondas:

“Professor: Também posso caracterizar as ondas quanto à natureza. Eu posso classificar uma onda como mecânica ou eletromagnética.

Professor: Pensem comigo. Eu tenho um trilho de trem bem grande. Daí eu coloco a mão em cima do trilho e dou uma martelada metade no dedo, metade no trilho. "Paaah!!" Quem estiver na outra extremidade escutará dois sons: um produzido pela martelada no trilho e outro do grito que eu vou dar porque martelei o dedo. Qual som escutará primeiro? O som que se propaga pelo trilho ou pelo ar?

Turma: Risos... Pelo trilho.

Professor: Isso mesmo. Nos sólidos o som se propaga mais rápido que nos líquidos e nestes mais rápido que nos gases. As ondas mecânicas não se propagam no vácuo.

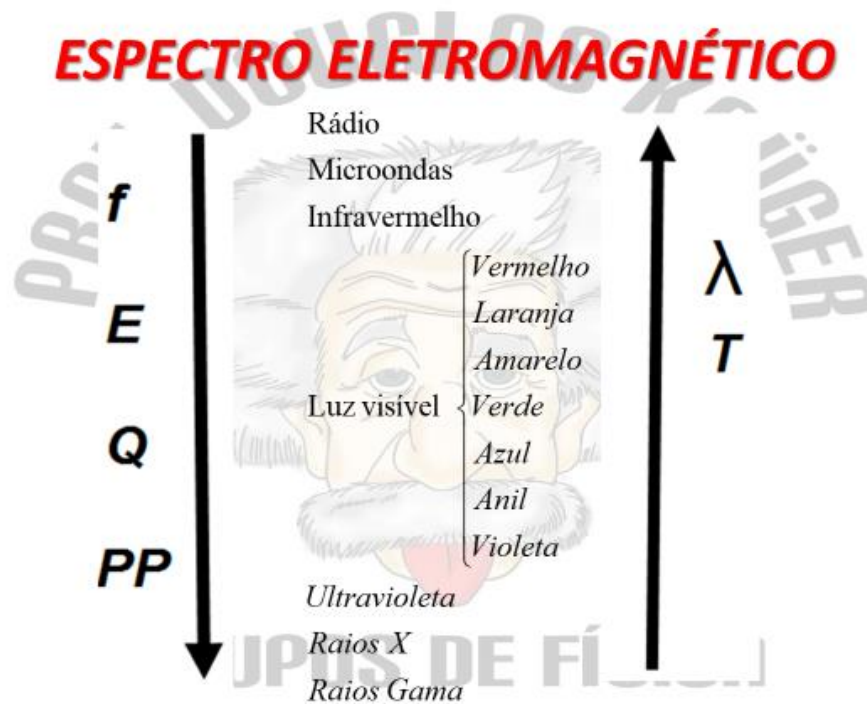
Professor: Para as ondas eletromagnéticas, as ondas viajam mais rapidamente no vácuo, e mais devagar no sólido. As ondas eletromagnéticas têm a mesma velocidade no vácuo: 300.000 km/s! Vocês têm idéia do que é isso? Imaginem uma viagem de Novo Hamburgo a Capão da Canoa. Cerca de 150 km. Eu

faço essa viagem, de carro, em aproximadamente 2h. Portanto, os 300 km de ida e volta eu completo em aproximadamente 4h. A luz viaja 300 MIL (letras maiúsculas para enfatizar) km a cada segundo. Ela vai e volta MIL vezes de Capão da Canoa em um único segundo. A do som, comparada a ela, é muito pequena. É de aproximadamente 340 m/s. Em um segundo o som viaja aproximadamente 340 m.”

Na sequência, perguntei a eles exemplos de ondas que conheciam, e classificamos como mecânicas e eletromagnéticas. Sugeriram ondas na superfície da água, som, micro-ondas, raios X, raios UV-A e UV-B, redes wireless... Em seguida, apresentei o “espectro eletromagnético” (fig. 6), elencando as ondas que eles haviam dito.

Montamos um esquema no quadro, colocando as principais ondas eletromagnéticas organizadas verticalmente. Concluímos que algumas grandezas físicas destas ondas aumentavam de cima para baixo (frequência, energia, quantidade de movimento e poder de penetração), outras de baixo para cima (comprimento de onda e período de oscilação). Chamamos nossa organização de “RaMILUXG”, onde para baixo cresce “f E Q PP” e para cima, “λ T” (o conceito de comprimento de onda não havia sido discutido ainda, e ficou para ser definido no episódio 2). Completamos, posteriormente, acrescentando AM e FM na subdivisão das ondas de rádio e VHF e UHF nas ondas de TV, entre as ondas de rádio e micro-ondas.

Figura 6: Espectro eletromagnético relacionado com grandezas físicas importantes para as ondas



Fonte: próprio autor

Nessa etapa do encontro, o discurso alterna para interativo / de autoridade, dando a palavra para a turma na intenção de explorar a visão dos alunos em relação às ondas eletromagnéticas presentes no cotidiano. O conteúdo do discurso ainda foi uma descrição teórica, organizando as ondas eletromagnéticas em um quadro que as colocava em ordem crescente de frequência (de cima para baixo). O padrão de interação foi I-R-A, selecionando respostas: o professor considera, por exemplo, as ondas de rádio no espectro eletromagnético e desconsidera as ondas sonoras.

Quadro 23 – Síntese dos aspectos chaves de Episódio 1, Parte 2

EPISÓDIO 1 – PARTE 2	
Intenções do professor	<u>Explorando a visão dos alunos;</u> <u>Desenvolvendo a “estória científica”.</u>
Conteúdo	<u>Descrição (teórica)</u> <ul style="list-style-type: none"> • Classificação das ondas quanto a natureza;

	<ul style="list-style-type: none"> • Começamos a apresentação dos conceitos de velocidade de propagação das ondas (eletromagnéticas no vácuo, especialmente), período, frequência, comprimento de onda, energia, poder de penetração e quantidade de movimento. • Discutir a importância das ondas no cotidiano.
Abordagem comunicativa	<u>Interativa / de autoridade</u> , por meio de perguntas aos alunos referente as situações e conceitos apresentados.
Padrões de interação	I-R-A
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dando forma aos significados</u>; • <u>Selecionando significados</u> (trabalhando os significados no desenvolvimento da história científica); • <u>Marcando significados chaves</u>.

Fonte: próprio autor

Depois do professor elaborar no quadro o “espectro eletromagnético” (fig. 6), identificando as grandezas importantes associadas ao estudos das ondas, surgiu o seguinte diálogo:

“Turma: Sor, o que é período?”

Professor: O que é o período no colégio?”

Turma: É o tempo de uma aula.

Professor: O que acontece quando termina um período?”

Turma: Começa outro.

Professor: Então... o que seria o período no colégio?”

Turma: Seria o tempo de uma aula.

Professor: Para as ondas, período é o intervalo de tempo para uma oscilação.”

Após a pergunta do aluno (“Sor, o que é período?”), foi possível perceber um padrão de interação do tipo I-R-F-R-F-R-F, em que os dois primeiros Feedback’s (F) tomam a forma de novas perguntas instrutivas (“O que acontece quando termina um período?” e “Então... o que seria o período no colégio?”). Eles têm a função de conduzir o pensamento do aluno em direção a resposta final (“Para as ondas, período é o intervalo de tempo de uma oscilação”). Durante essa interação, o

professor utilizou uma abordagem comunicativa do tipo interativa / dialógica, em que é possível ouvir uma interanimação de vozes entre as ideias do aluno sobre período em geral e o conceito físico ensinado na aula de ondulatória. A intenção do professor nessa interação é explorar as ideias iniciais do estudante ao mesmo tempo em que ele desenvolve a “estória científica”. O conteúdo dessa interação é uma descrição teórica, na medida em que os enunciados se referem a um objeto ou fenômeno (onda, no caso) em termos de suas propriedades ou constituintes (período). A intervenção do professor foi no sentido de dar forma ao significado, uma vez que ele mostra a diferença (e semelhança) entre dois significados distintos (período da onda e período no colégio).

Quadro 24 – Síntese dos aspectos chaves de Episódio 1, Parte 3

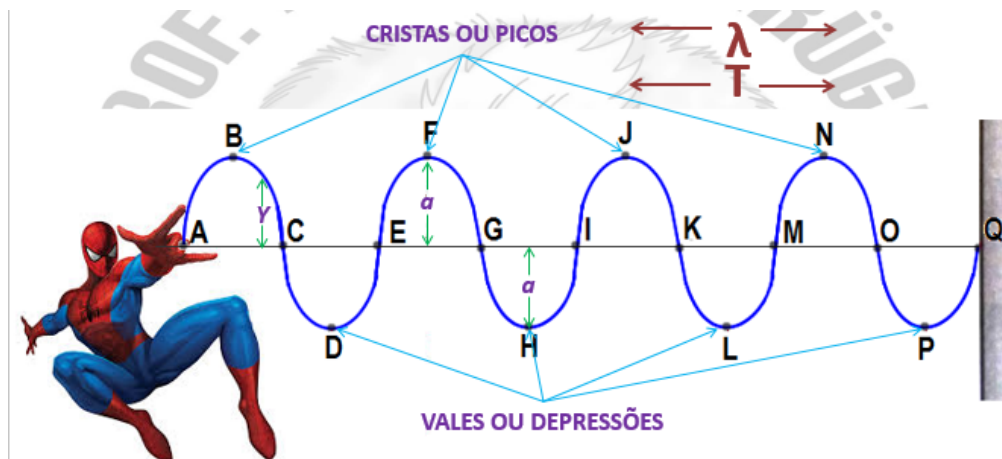
EPISÓDIO 1 – PARTE 3	
Intenções do professor	<u>Criando um problema;</u> <u>Desenvolvendo a “estória científica”.</u>
Conteúdo	<u>Descrição (teórica)</u> • Conceito de período.
Abordagem comunicativa	<u>Interativa / dialógica</u> , associando o conceito cotidiano de período ao conceito físico, aplicado aos movimentos oscilatórios.
Padrões de interação	I-R-F-R-F-R-F
Intervenções do professor	• <u>Dando forma aos significados;</u> • <u>Selecionando significados</u> (trabalhando os significados no desenvolvimento da estória científica).

Fonte: próprio autor

5.2. Aplicação do episódio 2

No segundo episódio, a meta era definirmos os elementos de uma onda. A partir da figura 7, trabalhamos cada um dos conceitos abaixo.

Figura 7 - Analisando os elementos de uma onda



Fonte: próprio autor

- **Elongação (y)**: valor algébrico da ordenada do ponto oscilante da corda (SI: m).
- **Amplitude (a)**: maior valor da elongação, relacionada com a energia transportada pela onda (SI: m).
- **Cristas e vales**: os pontos B, F, J e N são denominados cristas, enquanto que os pontos D, H, L e P são denominados vales.
- **Período (T)**: tempo de uma oscilação completa de qualquer ponto da corda (SI: s).
- **Frequência (f)**: número de oscilações executadas por qualquer ponto da corda em um intervalo de tempo igual a 1 segundo (SI: Hz).

- **Relação entre período e frequência**:
$$f = \frac{1}{T}$$
- **Concordância de fase**: dois pontos estão em concordância de fase quando tem sempre o mesmo sentido de movimento.
- **Oposição de fase**: dois pontos estão em oposição de fase quando têm sempre sentidos opostos de movimento.
- **Comprimento de onda (λ)**: é a menor distância entre dois pontos que vibram em concordância de fase (SI: m).

Para este último conceito, o de comprimento de onda, usamos a figura abaixo, mostrando que poderíamos “dividir” cada crista e cada vale em um tamanho

igual a “2x”. Com isso, compreenderam que o comprimento de onda é o equivalente a “4x”.

Figura 8 - Compreendendo o conceito de comprimento de onda



Fonte: próprio autor

Semelhante ao episódio 1, iniciamos esta sequência com uma abordagem comunicativa não-interativa / de autoridade, descrevendo os elementos de uma onda. A intenção era desenvolver novos conceitos no plano social da sala de aula, dando forma aos significados. Não houve interação durante a explicação do professor.

Quadro 25 – Síntese dos aspectos chaves de Episódio 2, Parte 1

EPISÓDIO 2 – PARTE 1	
Intenções do professor	<u>Introduzindo e desenvolvendo a “estória científica”.</u>
Conteúdo	<u>Descrição (teórica).</u> <ul style="list-style-type: none"> • Conceitos de alongação, amplitude, período, frequência, comprimento de onda, velocidade de

	propagação das ondas, cristas e vales, concordância e oposição de fase.
Abordagem comunicativa	<u>Não-interativa / de autoridade</u> , expondo conceitos através de alguns <i>slides</i> .
Padrões de interação	Não houve interação
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dando forma aos significados</u>, introduzindo novos termos; • <u>Selecionando significados</u>.

Fonte: próprio autor

Posteriormente, os alunos deveriam ajudar o professor a responder as seguintes questões (de acordo com a Fig. 7):

- *Quais pontos estão em concordância de fase com A, B C e D?*

Começamos pelo ponto B, e quase todos responderam corretamente, associando os pontos F, J e N (cristas). Ao ponto D, associaram os pontos H, L e P (vales). Houve uma certa confusão para responder quais pontos concordavam em fase com o ponto A. Alguns alunos responderam C, E, G, I, K, M, O e Q. Voltamos aos pontos B e D e concluímos que a distância entre dois pontos consecutivos que concordam e fase corresponde a um comprimento de onda. Repetimos a pergunta e, desta vez, responderam corretamente, associando ao ponto A os pontos E, I, M e Q. Ao ponto C, associaram os pontos G, K e O.

- *Quais pontos estão em oposição de fase aos pontos A, B, C e D?*

Depois de entendida a ideia da concordância de fase, foi mais fácil trabalhar oposição de fase. Começamos novamente pelo ponto B (crista), e eles responderam D e todos os pontos que concordavam em fase com D: H, L e P (demais vales). Em oposição de fase ao ponto D (vale), tínhamos o ponto B (crista) e todos os pontos que concordavam em fase com B: F, J e N (demais cristas). Ao ponto A, associaram o ponto C e todos que concordavam em fase com C: G, K e O. Ao ponto C, associaram os pontos A e todos os que concordavam em fase com A. Compreendemos que contamos meio comprimento de onda para o primeiro ponto em oposição de fase e, a partir deste ponto, a cada comprimento de onda inteiro tínhamos um outro ponto com a mesma característica.

Para finalizar este episódio, estudamos sobre a velocidade de propagação de uma onda. Sendo a rapidez (ou velocidade escalar média) a razão entre a distância percorrida e o intervalo de tempo gasto neste percurso, montamos a equação fundamental da Ondulatória.

$$v = \frac{d}{t}$$

Conhecendo o comprimento de uma oscilação (comprimento de onda) e o tempo gasto em uma oscilação, reescrevemos da seguinte forma:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \text{ou} \quad v = \frac{1}{T} \cdot \lambda$$

Como o período é equivalente ao inverso da frequência, concluímos:

$$\boxed{v = f \cdot \lambda}$$

Para avaliar se os conceitos haviam sido compreendidos, antes do final da aula trabalhamos com algumas questões de vestibulares.

Na etapa descrita acima, percebemos que a intenção do professor era envolver seus alunos em um pequeno diálogo, sustentando o desenvolvimento da “estória científica”. Para isso, o professor utiliza-se de uma abordagem interativa e de autoridade, onde o conteúdo do discurso foi uma descrição teórica, com o professor intervindo na marcação de significados chaves. O padrão de interação foi a sequência I – R – A.

Quadro 26 - Aspectos chaves de Episódio 2, Parte 2

EPISÓDIO 2 – PARTE 2	
Intenções do professor	<u>Introduzindo e desenvolvendo a “estória científica”.</u>
Conteúdo	<u>Descrição (teórica).</u> <ul style="list-style-type: none"> • Conceitos de período, frequência, comprimento de onda, concordância e oposição de fase, cristas e vales.
Abordagem	<u>Interativa / de autoridade</u> , por meio de perguntas aos

comunicativa	alunos referente as situações e conceitos apresentados e resolução de questões de vestibulares.
Padrões de interação	I-R-A
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dando forma aos significados;</u> • <u>Marcando significados chaves.</u>

Fonte: próprio autor

5.3. Aplicação do episódio 3

Depois dos dois primeiros encontros, percebemos que para uma melhor aplicação da proposta seria interessante diminuir o número de alunos no grupo. Dessa maneira, teria mais atenção dos alunos, mais envolvimento deles com os experimentos da bancada e os discursos seriam mais fáceis de serem transcritos para o trabalho. Não foi definido um número de alunos. O professor fez um convite para quem pudesse participar de uma aula a tarde, de duração de 1h40min e nove alunos se disseram voluntários (todos da mesma turma, a mesma que foi transcrita nos episódios 1 e 2). Alguns dos voluntários aparecem na figura 9.

Figura 9 - Alunos participantes dos encontros extra-turno



Fonte: próprio autor

Os alunos ficaram bem ansiosos com o que estava por vir. Encontraram sobre a bancada do laboratório garrafas de diferentes comprimentos (fig. 10), um conjunto de garrafas iguais, mas com quantidades de água diferentes dentro delas (fig. 11), caixa de som, microfone, guitarra, computador, afinador de violão/guitarra. Também utilizamos alguns instrumentos criados pelos alunos dos nonos anos de 2016 (fig. 12), referentes à proposta inicial deste projeto: a confecção de instrumentos musicais.

Figura 10 - Conjunto de garrafas vazias e de diferentes formas e tamanhos



Fonte: próprio autor

Figura 11 - Conjunto de garrafas iguais, com colunas de água de alturas diferentes



Fonte: próprio autor

Figura 12 - Flauta de pan e flauta transversal artesanais, confeccionadas pelos alunos



Fonte: próprio autor

Iniciando o encontro, os alunos assistiram a alguns vídeos, onde em um deles havia um coral cantando uma música e em outro um artista fazendo um solo de guitarra. Em seguida, receberam um questionário que continha uma questão central e algumas perguntas intuitivas referentes às ondas sonoras e suas percepções (APÊNDICE B). Deveriam responder individualmente.

Enquanto o professor arrumava o material sobre a bancada, os alunos respondiam o questionário até a questão P.5. Vez ou outra tentavam burlar a proposta, espiando as respostas do colega ao lado.

“Aluno 5: Tem que ler o texto primeiro, né?”

Professor: De preferência. Na verdade, esse texto introdutório apenas conta o que é o trabalho.”

Os alunos estavam meio inibidos devido a câmera. O professor explicou que o motivo da filmagem era identificar quem estava falando.

“Professor: É para responderem aquilo que vocês conhecem.

Aluno 4: Sor, só as notas musicais conhecidas que eu sei.

Professor: Sim; é isso que eu quero.”

Observa-se que enquanto respondem, “pensam alto”, já debatendo com os colegas as suas respostas. O professor intervém, lembrando que a primeira parte do encontro é de respostas individuais, e que depois combinarão suas ideias. Abaixo lançamos as respostas de cada aluno, para cada questão do questionário / guia episódio 3.

P.1) Quando se escuta um coral cantando, percebe-se que há pessoas que tem uma voz mais grave e outras com voz mais aguda. Qual a diferença entre um som grave e um agudo?

Aluno 1: A diferença é a frequência da onda.

Aluno 2: O som grave é mais fraco e mais perceptível ao ouvido humano. O agudo é mais fino e dependendo do tom é mais forte.

Aluno 3: Um som grave tem mais intensidade enquanto o som mais agudo tem menos.

Aluno 4: Um é mais baixo (“grosso”) e o outro é mais alto (“fino”).

Aluno 5: A pessoa que tem a voz mais grave ela é mais baixa e grossa e a voz mais aguda é mais fina e “auta”.

Aluno 6: Um som grave seria mais “grosso” e um som agudo é mais “fino”.

Aluno 7: Grave: som forte, entonação grossa, + frequência. Agudo: som mais fino.

Aluno 8: Grave é mais intenso e agudo é mais fino.

Aluno 9: A diferença entre o som grave e o agudo é a sua frequência. Um é mais grosso e o outro é mais fino.

Podemos perceber que há uma certa confusão para alguns alunos. Para os alunos 2 e 3, a diferença está na intensidade (forte e fraco). Já o aluno 8, relata que o grave é mais intenso e o agudo é mais fino. Os alunos 4, 5, 6 e 7 entendem que a diferença em “som grosso e som fino”. Os alunos 1 e 9 associam a altura do som à frequência da onda.

P.2) Por que motivo o músico quando toca um violão altera a posição do dedo que pressiona uma das cordas no braço do violão? O que ocorre com o som emitido pela corda à medida que há um encurtamento na parte da corda vibrante?

Aluno 1: Pois ao fazer isso ele controla as características das ondas sonoras emitidas pelo violão.

Aluno 2: O som fica mais fino, ele altera a posição para mudar a nota.

Aluno 3: A pessoa muda a posição dos dedos para obter um som mais grave ou agudo. Se ocorre um encurtamento, o som fica “mais afinado”.

Aluno 4: Para emitir diferentes sons no violão, ocorre o “enfinamento” do som emitido.

Aluno 5: Deixou o espaço em branco.

Aluno 6: Altera a posição do dedo para mudar o som. Ocorre o “afinamento do som”.

Aluno 7: Para emitir diferentes sons, mudando o som para mais fino.

Aluno 8: Para fazer sons diferentes mais agudos, mais suaves ou mais graves.

Aluno 9: Ele faz isso para mudar a nota musical. O som muda e fica mais fino.

Observando ao vídeo, os estudantes percebem que quanto menor a parte vibrante das cordas de uma guitarra, mais “fino” é o som. Já nesta pergunta, aparece a ideia de nota musical, trazida pelo aluno 2. Este supostamente havia entendido que havia uma relação entre as notas musicais e frequências. Também relataram que o som fica “mais afinado”. Explicamos que afinação tratava de um ajuste feito em um instrumento para emitir uma determinada nota musical. Em uma guitarra, por

exemplo, o músico deve regular a tensão da corda, apertando ou soltando a mesma, até produzir o mesmo som de um diapasão ou de algum outro afinador.

P.3) Quais são as notas musicais conhecidas? O que faz com que as notas musicais sejam diferentes?

Aluno 1: *Dó, ré, mi, fá, sol, lá e si e o que difere uma das outras é a sua frequência, frequência de sua onda.*

Aluno 2: *Dó, ré, mi, fá, sol, lá e si. O som dela é a frequência.*

Aluno 3: *Dó, ré, mi, fá, sol, lá e si. Umas são mais graves, outras mais agudas.*

Aluno 4: *Dó, ré, mi, fá, sol, lá e si (as cordas e sons). A frequência.*

Aluno 5: *Dó, ré, mi, fá, sol, lá e si (as cordas e sons). A frequência. – idem Aluno 4.*

Aluno 6: *Dó, ré, mi, fá, sol, lá e si. São mais graves ou agudas.*

Aluno 7: *Dó, ré, mi, fá, sol, lá e si. Frequência e intensidade; entonação.*

Aluno 8: *Dó, ré, mi, fá, sol, lá e si. O jeito que falamos, são diferentes por causa da frequência.*

Aluno 9: *Dó, ré, mi, fá, sol, lá e si. O modo como são produzidas.*

Para esta pergunta, todos responderam praticamente a mesma coisa, relacionando as notas musicais à frequência do som produzido.

P.4) Quando o volume sonoro de um aparelho de som é intensificado, o que ocorre com a altura do som?

Aluno 1: *A amplitude da onda sonora.*

Aluno 2: *Deixou o espaço em branco.*

Aluno 3: *Aumenta o som e a frequência.*

Aluno 4: *Aumenta.*

Aluno 5: *Deixou o espaço em branco.*

Aluno 6: *Aumenta, fica mais alta, dá para ouvir de uma distância maior.*

Aluno 7: *Aumenta, dá para ouvir de maior distância.*

Aluno 8: *A altura do som aumenta e podemos escutar o som de mais longe.*

Aluno 9: *Aumenta e pode ser ouvido de uma distância maior.*

Como se esperava, a maioria dos estudantes confundiam os conceitos de altura e intensidade. Cotidianamente, associamos que quando aumentamos o

volume do som do carro, por exemplo, este fica mais alto. Somente o aluno 1 associou o conceito de intensidade do som à amplitude da onda.

P.5) Em garrafas de diferentes comprimentos, quando se sopra paralelamente à boca da garrafa se percebe que há sons emitidos. O que acontece com os sons produzidos com garrafas de diferentes comprimentos?

Aluno 1: *Altera o comprimento de onda. Quanto menor a garrafa, mais agudo.*

Aluno 2: *Na medida que a garrafa diminui, o som fica mais agudo.*

Aluno 3: *Muda a intensidade do som.*

Aluno 4: *São emitidos sons diferentes.*

Aluno 5: *são emitidos sons diferentes. – Idem aluno 4*

Aluno 6: *Fica mais forte ou mais fraco, muda o som.*

Aluno 7: *O som fica mais grave ou agudo.*

Aluno 8: *O som muda, mais alto, mais baixo, a intensidade do som fica diferente.*

Aluno 9: *Muda, pois a estrutura é diferente.*

As perguntas iniciais do questionário 3 possibilitaram que cada aluno expressasse seu pensamento em relação aos conceitos de altura e intensidade sonora (P.1 a P.5). Nesta etapa, não houve intervenção do professor, sendo restrita até mesmo a interação entre os alunos. Depois de terminada a parte individual, os alunos discutem seus conceitos coletivamente por alguns minutos (questões G.1 e G.2), confrontando as respostas e buscando um consenso entre elas. O conteúdo do discurso é uma explicação empírica, formulada pelos alunos.

G.1) As respostas das questões anteriores que você considera como corretas devem ser expostas aos membros do grupo. Discuta com seu grupo sobre suas predições. As suas respostas estão de acordo com a de seus colegas?

G.2) O grupo pode chegar a uma ideia final para cada questão anterior. Qual seria esta ideia em relação às cinco questões anteriores?

Após a discussão no grupo, compilamos suas anotações de cada um dos alunos em seus respectivos questionários e fizemos uma breve análise:

Aluno 1:

- *Som mais grave é mais baixo;*
- *Quanto maior a frequência, mais agudo;*
- *Nada acontece com a altura do som quando se mexe no volume;*
- *Quanto menor a garrafa, mais agudo.*

O aluno 1 compreendeu altura e intensidade do som, associando, respectivamente, aos conceitos de frequência e amplitude da onda sonora. Conseguiu relacionar o tamanho da corda vibrante ao tamanho do tubo sonoro.

Aluno 2:

- *Em G.1) colocou “Era mais ou menos a mesma coisa!”*

Como respondeu o questionário a lápis, fez alterações sobre as respostas anteriores, apagando a resposta original.

Aluno 3:

- *Garrafa menor = mais agudo;*
- *+ parte vibrante = + frequência (altura);*
- *Alto e baixo = amplitude – não muda frequência*

O aluno 3 parece ainda se confundir com os conceitos trabalhados. Para a garrafa, respondeu corretamente, mas depois diz que quanto maior a parte vibrante (corda ou altura da coluna de ar na garrafa), mais alto o som. O conceito de intensidade não estava muito claro.

Aluno 4:

- *Não acontece nada com a altura quando alteramos a intensidade;*
- *Quanto menor a garrafa, mais agudo o som;*
- *Conversamos sobre a palavra “enfinamento”.*

O aluno 4 compreendeu altura e intensidade do som.

Aluno 5:

- *Acrescentou as respostas nos espaços que deixou em branco.*

Aluno 6:

- *Maior parte vibrante = maior frequência*
- *Alto ou baixo = amplitude da onda – não muda a frequência;*
- *Garrafa menor = mais agudo.*

Este aluno fez as mesmas considerações que o aluno 3, portanto, ainda havia confusão.

Aluno 7:

- *Alto ou baixo = amplitude da onda – não muda a frequência;*
- *Garrafa menor = mais agudo.*

Este aluno fez as mesmas considerações que os aluno 3 e 6, portanto, ainda havia confusão.

Aluno 8:

- *Aumentando o volume, o som fica mais forte (amplitude).*
- *Quanto menor a garrafa, mais agudos.*

Caracterizou corretamente os conceitos de altura e intensidade.

Aluno 9:

- *A altura do som muda;*
- *A amplitude do som muda e fica mais forte;*
- *Conforme a garrafa fica menor o som fica mais agudo.*

O aluno 9 compreendeu altura e intensidade do som, associando, respectivamente, aos conceitos de frequência e amplitude da onda sonora. Conseguiu relacionar o tamanho da corda vibrante ao tamanho do tubo sonoro.

Quadro 27 - Aspectos chaves de Episódio 3, Parte 1

EPISÓDIO 3 – PARTE 1	
Intenções do professor	<u>Explorando a visão dos estudantes.</u>

	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar as ideias dos alunos sobre sons e notas musicais.
Conteúdo	<u>Explicação (empírica)</u> <ul style="list-style-type: none"> • Descrever suas percepções em relação ao som.
Abordagem comunicativa	<u>Interativo / dialógico</u> , onde os alunos respondem o questionário a partir de seu ponto de vista (de P.1 a P.5.) e depois confrontam as suas respostas com os colegas (G.1 e G.2).
Padrões de interação	Interação aluno-aluno
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Explorando a visão dos estudantes</u>, sem participar do debate.

Fonte: próprio autor

Após as respostas intuitivas dos alunos e discussões preliminares, percebemos uma enorme confusão entre os conceitos de altura e intensidade. Eles não haviam entendido a diferença entre alto e baixo, forte e fraco. Após checar as respostas coletivas, o professor começou a participar do debate retomando os conceitos de frequência e amplitude, dando forma aos significados de altura e intensidade sonora, respectivamente. O discurso utilizado foi o interativo / de autoridade onde a intenção do professor foi, partindo das respostas dos alunos, desenvolver os termos técnicos para os fenômenos acústicos e dar suporte ao processo de internalização. O conteúdo do discurso é de explicação, retomando conceitos tratados nos episódios anteriores e o padrão de interação foi do tipo I – R – F – R para cada questão discutida.

Finalizando o encontro, o professor interveio retomando com o grupo os conceitos de frequência, comprimento de onda e amplitude, associando as qualidades fisiológicas do som: altura e intensidade através de uma abordagem comunicativa do tipo não-interativa / de autoridade. Esclareceu que o conceito de altura está relacionado com a frequência do som produzido (que som alto é o mesmo que som agudo, correspondendo à frequências “altas” e que som grave é o mesmo que som baixo, correspondendo à frequências “baixas”). Esclareceu também que a intensidade do som está relacionada com a energia transportada por uma onda mecânica, portanto, com amplitude da onda produzida (quanto maior a

amplitude, maior a intensidade do som). Nesta interação, o conteúdo é uma explicação teórica para as qualidades fisiológicas do som e a intenção do professor foi de sustentar o desenvolvimento da estória científica,

Quadro 28 – Síntese dos aspectos chaves de Episódio 3, Parte 2

EPISÓDIO 3 – PARTE 2	
Intenções do professor	<p><u>Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas, e dando suporte ao processo de internalização;</u></p> <p><u>Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da “estória científica”.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Compreender a diferença entre os conceitos de grave e agudo (altura do som) e forte e fraco (intensidade do som)
Conteúdo	<p><u>Explicação (teórica)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrever cientificamente aquilo que está “sentindo” a respeito dos sons.
Abordagem comunicativa	<p><u>Interativo / de autoridade</u>, professor participa do debate, disponibilizando as ideias científicas.</p> <p><u>Não-interativo / de autoridade</u>, apresentando uma evolução da “estória científica” nas respostas, associando os conceitos de frequência, comprimento de onda e amplitude às ondas sonoras às qualidades fisiológicas do som: altura e intensidade.</p>
Padrões de interação	<p>I – R – F – R .</p> <p>Não houve interação.</p>
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dando forma aos significados;</u> • <u>Checando o entendimento dos estudantes;</u> • <u>Desenvolvimento da “estória científica”.</u>

Fonte: próprio autor

5.4. Aplicação do episódio 4

Neste episódio, para construir significados, recorreremos a alguns experimentos simples dispostos sobre a bancada. Utilizando dois conjuntos de garrafas (um deles com garrafas de diferentes formatos e tamanhos e o outro com garrafas iguais, porém preenchidas com água até diferentes alturas), uma flauta transversal

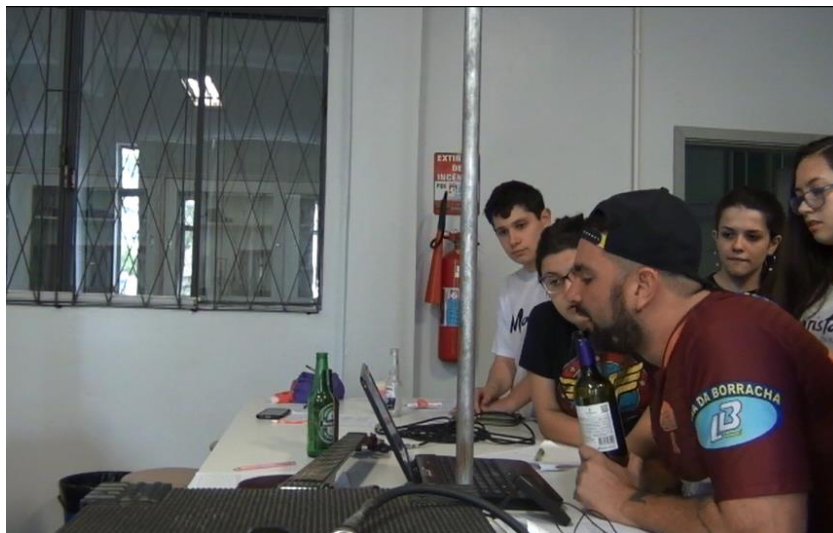
artesanal, uma flauta de pan artesanal, um afinador de guitarra e o computador com o *software Spectrogram*, medimos as frequências fundamentais obtidas em tubos sonoros. Num primeiro momento, os alunos estavam livres para interagir com os equipamentos, experimentando os sons produzidos por cada um deles e debatendo.

A partir daí, os alunos deveriam responder o questionário referente ao episódio 4. Neste episódio, o professor interagiu com os alunos, mostrando o funcionamento dos instrumentos musicais.

O professor lê o enunciado da parte experimental: *“Pegue garrafas de vidro de diferentes tamanhos e sopre pronunciando a palavra tu de tal forma que a corrente de ar que sai de sua boca esteja aproximadamente perpendicular à boca das garrafas. Utilize o microfone e o software Spectrogram para anotar a frequência fundamental produzida em cada garrafa.”*

Professor: *Eu queria que vocês viessem aqui atrás de mim para conseguir enxergar as coisas. Aqui eu tenho um afinador de violão que marca a frequência das cordas. E se eu falar aqui na frente do computador, com esse software também consigo registrar as frequências dos sons que eu emito. Percebam que enquanto eu falo, tem várias frequências que aparecem. Só que tem um numerzinho ali que o computador informa que é o que chamamos de frequência fundamental.”*

Figura 13 - Interpretando o som produzido por uma garrafa, usando o software Spectrogram



Fonte: próprio autor.

Professor: *Observem que quando eu sopro essa garrafa, aparece ali na tela várias frequências, só que tem uma que predomina. Era o cento e trinta e dois*

(hertz). Se eu pegar essa outra garrafa aqui, menor que a anterior, eu verifico que... antes marcou quanto?

Aluno 1: Cento e trinta e poucos.

Professor: Agora marcou duzentos e pouco.

Professor: Essa outra garrafa aqui, menor que a anterior, registra duzentos e vinte e poucos. Uma frequência maior ainda.

Aluno 5: Duzentos e vinte e seis!

Professor: E aí... o que percebemos então... que quanto mais curtinha a garrafinha...

Aluno 7: Mais agudo é o som!

Professor: Então, vocês devem discutir lá qual é a diferença entre o som produzido pela maior garrafa em relação a menor. Preencham a folhinha. Vocês já sabem a resposta, né?

Professor: Então, quando eu sopro no interior da garrafa, o ar ali dentro vibra em várias frequências, mas tem uma que predomina que chamamos de frequência fundamental.

Professor: Aqui vocês me perguntaram por que eu enchi as garrafinhas com água. Tentem tirar som ali depois.

Aluno 4: Ali?

Professor: É.

Aluno 5 interage com os colegas: Eu botei quanto menor a garrafa, mais aguda.

Aluna 4: Sor, eu posso tentar ali (fig. 14)?

Professor: Quando eu coloquei água nas garrafas, eu diminui a quantidade de ar que tem ali dentro, eu diminui a parte que vibra.”



Fonte: próprio autor

“Professor: O que que a gente percebeu? O que que a Aluna 4 mostrou para a gente? Quanto mais água, menos ar dentro da garrafa, né?”

Aluno 7: Quanto mais água, mais agudo.

Aluno 5: Tá certo? Quanto menor a garrafa, mais aguda ela é?

Professor: Isso! Mais agudo é o som. Maior frequência.

Professor: Neste experimento, não são garrafas de tamanhos diferentes, mas eu fiz a parte que vibra ficar de tamanho diferente.

Professor: Aqui também. Vocês já viram os peruanos tocando esse instrumento na praia (professor mostra a eles uma flauta de pan)? Isso aqui é uma produção dos alunos do ano passado, quando o meu trabalho era um pouquinho diferente. Os alunos deveriam construir instrumentos musicais. Eles produziram flautas transversais, flautas de pan... várias coisas. Alguns não ficaram tão bons. Se a gente soprar isso daqui (o professor pega uma flauta transversal artesanal da mesa), é claro que vai sair som.”

“Professor: A medida que eu vou tapando mais furinhos da flauta, o som vai ficando mais....

Aluno 1: Mais grave.

Professor: A parte de ar que vibra é maior.

Professor: Então, a minha ideia era que os alunos contruíssem a flauta do tamanho certo, com os buraquinhos do tamanho certo, para que saísse a nota musical correspondente. O trabalho não deu muito certo porque alguns acharam que para fazer uma flauta bastava pegar um cano de qualquer tamanho, fazer uns buracos e me entregar. Esse grupo até que tentou aproximar de uma flauta de verdade.

Professor: *E esse daqui também* (professor pega a flauta de pan). *O que vocês acham que acontece com o som se eu assoprar daqui pra cá* (do menor tubo para o maior)?

Turma: *Fica mais grave.*

Professor: *“Viu. É a mesma ideia das garrafas vazias, das garrafas com água, é a mesma ideia da flauta transversal.”*

Já fazendo um *link* para o próximo episódio, o professor mostrou ao grupo uma lira que foi construída pelos alunos em 2016. Perguntou-lhes o porquê das cordas produzirem sons diferentes, sendo elas de mesmo tamanho.

“Aluno 1: *A tensão.*”

Professor: *Também! Assim que afino minha guitarra, tensionando mais ou menos as cordas. E o que mais?*

Aluno 4: *A grossura da corda?*

Professor: *Isso aí! A grossura da corda.*

Professor: *Beleza então essa parte? Entendemos já qual é a diferença da garrafa de tamanho maior em relação a menor.*

Professor: *Tá. Observando no software Spectrogram, o que diferencia os sons obtidos de diferentes garrafas quanto às suas frequências?*

Professor e turma constroem juntos a resposta: **Quanto maior era o tamanho da garrafa, a gente percebeu que menor era a frequência fundamental do som.**

Professor: *Então, só para terminar aqui. Qual é a relação entre o comprimento das garrafas e a distância entre os orifícios os quais vão sendo abertos em direção ao bocal da flauta? Aqui eu mostrei para vocês uma flauta, né? (Professor novamente interage com a flauta). E a gente comparou... quanto mais eu tiver furinhos abertos, o que acontece com o som?*

Aluno 4: *Mais fino.*

Professor: *Mais agudo. Mais fino.*

Aluno 7: *Então quando ele é menorzinho, é mais agudo.*

Professor: *Quando é menorzinha a parte que vibra, ó... quando eu seguro até aqui (tampando alguns furos), o ar vai vibrar só até aqui. Vai ser mais agudo.*

Aluno 3: *Quanto mais furos abertos, mais agudo.*

Professor: *Última de hoje! Daí na próxima aula faremos os episódios 5 e 6. Dentro de qualquer tubo (seja em garrafas de diferentes comprimentos, em uma flauta ou tubos de ensaio) o que ocorre com a frequência do som emitido à medida que o comprimento da coluna de ar é reduzida?* (Professor aponta para as garrafas com água, retomando sobre a altura das colunas de líquido no interior).

Professor: *Se a gente diminui o tamanho da coluna de ar ali dentro, conforme vai preenchendo com água, o som vai ficando cada vez...*

Aluno 7: *Mais agudo.*

Professor: *Mais agudo!*

Aluno 7: *E maior frequência!*

Professor: *Conclusão de hoje: O que é um som agudo?*

Aluno 7: *De maior frequência.*

Professor: *Isso. Também posso chamá-lo de alto. Agudo é a mesma coisa que alto.*

Aluno 5: *Então quanto mais água, maior a frequência?*

Aluno 7: *Sim. Quanto mais água, menos ar. Maior a frequência.*

Aluno 3: *Sor, então quanto menos água, menor a frequência, mais grave:*

Professor: *Isso aí. Um som mais grave é um som mais...*

Aluno 3: *Baixo.*

Embora este discurso seja de natureza interativa, é bastante controlado pelo professor, caracterizando-o como de autoridade. Desde o início do discurso, percebemos a intenção do professor em guiar os estudantes na aplicação das ideias científicas, expandindo seu uso para os tubos sonoros. O conteúdo do discurso utilizado é de explicação teórica, relacionando o conceito de frequência na descrição dos harmônicos. O padrão de interação é do tipo I – R – A, após o professor apontar o que era para ser feito. A intervenção foi dar forma ao significado de harmônico fundamental.

Quadro 29 – Síntese dos aspectos chaves de Episódio 4, Parte 1

EPISÓDIO 4 – PARTE 1	
Intenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas, e dando suporte ao processo de internalização.</u>
Conteúdo	<u>Explicação (teórica)</u>

	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar, por meio do <i>software Spectrogram</i>, as frequências fundamentais do apito e das garrafas. • Verificar a diferença entre os sons produzidos por uma flauta transversal artesanal e uma flauta de pan artesanal.
Abordagem comunicativa	<p>(i) <u>Interativo / dialógico</u> (enquanto os alunos interagem com o apito, as garrafas e as flautas, respondendo de E.1 à E.4);</p> <p>(ii) <u>Interativo / de autoridade</u> (usando o <i>software Spectrogram</i> para elucidar os conceitos de tubos sonoros, frequência fundamental e harmônicos).</p>
Padrões de interação	<p>(i) Interação aluno-aluno, aluno-instrumentos.</p> <p>(ii) I – R – A.</p>
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar as ideias dos estudantes e <u>dando forma aos significados</u>; • <u>Dando forma aos significados</u>; • <u>Marcando significados chaves</u> (notas musicais, frequência fundamental, harmônicos); • <u>Compartilhando significados</u>, discutindo o significado das imagens na tela do <i>Spectrogram</i>; • <u>Checando o entendimento dos estudantes</u>, analisando as respostas no questionário.

Fonte: próprio autor

Nesse momento, o professor esclarece a diferença entre altura e intensidade. Diferencia um som alto de um som forte, um som baixo de um som fraco.

Professor: *O baixo e o alto é assim ó: Isso é baixo (fala “grosso”) e isso é alto (fala “fino”). O alto não é isso aqui (professor dá um grito). Isso se chama forte, e isso (sussurra) é fraco.”*

Então, finalizando o episódio o professor usa de uma abordagem não-interativa / de autoridade, com a intenção de manter a narrativa, revendo o progresso feito até o momento. O conteúdo do discurso é de explicação teórica, na

consolidação dos conceitos de altura, intensidade e harmônicos. Durante o discurso, não houve interação e a intervenção do professor foi marcar os significados de altura, frequência fundamental e harmônicos, bem como checar o entendimento dos alunos.

Quadro 30 – Síntese dos aspectos chaves de Episódio 4, Parte 2

EPISÓDIO 4 – PARTE 2	
Intenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas, e dando suporte ao processo de internalização.</u>
Conteúdo	<u>Explicação (teórica)</u> <ul style="list-style-type: none"> • Diferença entre altura e intensidade do som.
Abordagem comunicativa	<u>Não-interativo / de autoridade</u> , reforçando os conceitos de altura, frequência fundamental e harmônicos.
Padrões de interação	Não houve interação
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dando forma aos significados;</u> • <u>Marcando significados chaves</u> (altura, frequência fundamental, harmônicos); • <u>Compartilhando significados</u>, discutindo o significado das imagens na tela do <i>Spectrogram</i>; • <u>Checando o entendimento dos estudantes</u>, analisando as respostas no questionário.

Fonte: próprio autor

Transcrevemos abaixo, as respostas (escritas no questionário) de cada aluno, para cada questão do episódio 4.

E.1) Qual a diferença do som obtido com maior garrafa em relação à menor?

Aluno 1: O da maior garrafa é mais grave, enquanto o da menor garrafa é mais agudo. + agudo + frequência, + grave, - frequência.

Aluno 2: A maior garrafa possui uma frequência menor, pois o som é mais grave. A garrafa menor possui a maior frequência, mais agudo é o som.

Aluno 3: Quanto menor a garrafa maior a frequência (grave). Quanto maior a garrafa menor a frequência (agudo). (Aqui percebemos que o aluno 3 se confundiu na resposta).

Aluno 4: O da garrafa maior foi mais grave, e na menor foi mais agudo.

Aluno 5: Quanto menor a garrafa mais aguda e maior a frequência.

Aluno 6: Quanto menor a garrafa, maior a frequência (mais agudo).

Aluno 7: Quanto menor a garrafa, maior a frequência (agudo). Quanto maior a garrafa, menor a frequência (grave).

Aluno 8: Precisou ir embora mais cedo, não respondeu na folha.

Aluno 9: A menor garrafa tem uma frequência maior.

E.2) Observando no software Spectrogram, o que diferencia os sons obtidos de diferentes garrafas quanto às suas frequências?

Aluno 1: + agudo + frequência, + grave.- frequência. Quanto maior a garrafa, menor a frequência e maior a frequência quando a garrafa é menor.

Aluno 2: Maior a garrafa, menor a frequência. Menor a garrafa, maior a frequência..

Aluno 3: Quanto maior a garrafa, menor frequência. O tamanho da garrafa diferencia a frequência.

Aluno 4: Quanto maior o tamanho da garrafa, menor a frequência.

Aluno 5: Quanto maior tamanho da garrafa, menor a frequência.

Aluno 6: O tamanho da garrafa que diferencia a frequência. Garrafa menor = maior frequência. Garrafa maior = menor frequência.

Aluno 7: O tamanho da garrafa que diferencia a frequência. Garrafa menor = maior f. Garrafa maior = menor f.

Aluno 8: Precisou ir embora mais cedo, não respondeu na folha.

Aluno 9: Algumas frequências fundamentais eram menores (garrafas grandes) e algumas eram maiores (garrafas menores).

E.3) Qual é a relação entre o comprimento das garrafas e a distância entre os orifícios os quais vão sendo abertos em direção ao bocal da flauta?

Aluno 1: Quanto menor a parte pela qual o ar passa, mais agudo é o som.

Aluno 2: Quanto mais furos abertos, mais agudo é o som.

Aluno 3: Quanto mais furos abertos, mais agudo o som. Quanto menos furos abertos, mais graves.

Aluno 4: Quanto mais furos abertos, mais agudo é o som e quanto menos furos abertos, mais grave é o som.

Aluno 5: Quanto mais buracos abertos, mais agudo é o som.

Aluno 6: *Quanto mais furos abertos, mais agudo é o som.*

Aluno 7: *+ furos abertos = mais agudo. – furos abertos = menor o agudo.*

Aluno 8: *Precisou ir embora mais cedo, não respondeu na folha.*

Aluno 9: *Quanto mais furos abertos, mais agudo é o som.*

E.4) Dentro de qualquer tubo (seja em garrafas de diferentes comprimentos, em uma flauta ou tubos de ensaio) o que ocorre com a frequência do som emitido à medida que o comprimento da coluna de ar é reduzida?

Aluno 1: *Quanto maior o comprimento da coluna de ar, mais grave e de menor frequência será o som. E mais baixo.*

Aluno 2: *Vai quando mais agudo quanto mais água, maior a frequência.*

Aluno 3: *Quanto mais água, mais agudo e mais frequência. E vice-versa.*

Aluno 4: *Cada vez fica mais agudo e fica com mais frequência com mais água.*

Aluno 5: *Quanto mais água na garrafa é maior a frequência.*

Aluno 6: *Quanto mais água na garrafa, mais agudo e mais frequência = + alto. Menos água = + baixo = + grave = - frequência.*

Aluno 7: *+ água + frequência + agudo (alto). – água – frequência + grave (baixo).*

Aluno 8: *Precisou ir embora mais cedo, não respondeu na folha.*

Aluno 9: *Quanto mais água e menos ar na garrafa, maior a frequência: mais agudo.*

Convém lembrar que a maior parte desse episódio seguiu um discurso interativo / dialógico, por isso que as respostas dos alunos são muito parecidas. Percebemos que, interagindo com a ferramenta cultural *Spectrogram*, a compreensão dos conceitos científicos pelos estudantes foi favorecida. Desta maneira, puderam “enxergar” os modos de vibração das ondas sonoras produzidas pelas garrafas (E.1 e E.2), transpondo esse conhecimento para a flauta (E.3) e generalizando para quaisquer tubos sonoros (E.4).

5.5. Aplicação do episódio 5

Os episódios 5 e 6 foram realizados com um grupo um pouco menor do que o anterior, pois um aluno (Aluno 8) esqueceu do compromisso à tarde e não

compareceu, e o Aluno 9 estava doente. Neste encontro, participaram sete voluntários. A câmera utilizada tinha uma resolução mais baixa, diferente da utilizada nos episódios anteriores. Dessa forma, as imagens ficaram ruins, mas os áudios puderam ser aproveitados. A intenção destes dois últimos episódios era, a partir da guitarra elétrica e usando o *software Spectrogram*, estimar as frequências fundamentais de cada corda do instrumento. Posteriormente, escolhemos uma dessas cordas para medir a frequência em cada “casa” (espaço entre trastes), criando uma tabela com esses valores.

Como nenhum aluno do grupo sabia tocar guitarra (nem o mínimo), o professor conduziu o episódio interagindo com o instrumento musical. Ainda, como deveriam ser estimadas as frequências em várias situações, um deveria operar o computador e os outros anotavam os valores. Então, as respostas numéricas desses episódios foram iguais para todos os alunos. A discussão aconteceu na interpretação desses resultados.

“Professor: Tá. Então nos episódios anteriores falamos mais sobre os tubos sonoros. Daí hoje a gente vai falar mais sobre cordas vibrantes, como as cordas da guitarra ou do cavaquinho. A gente também vai retomar os tubos (professor coloca sobre a mesa as flautas de pan e transversal artesanais) (ver Fig.12).

Professor: Para hoje, eu montei um novo questionário para vocês. Esse, a gente mais vai fazer juntos do que separados (a aula seria mais interativa).”

A ideia do trabalho em grupo alegrou-os. Responder individualmente sobre o desconhecido deixava-os desconfortáveis. Com a guitarra previamente afinada conectada ao computador e o *Spectrogram* em funcionamento, o professor tocou em algumas cordas e pediu que olhassem a imagem na tela. Relembrou as imagens obtidas com os tubos sonoros, onde foram registradas várias frequências de vibração ao mesmo tempo, mas havia uma frequência que prevalecia sobre as demais, chamada frequência fundamental.

“Aluno 4: Sor, como assim: Quais os valores das frequências fundamentais obtidas em cada corda (E.5)?

Professor: Sim, a gente vai fazer juntos isso.

Professor: No outro episódio, como fizemos para aparecer o valor da frequência no gráfico?

Aluno 4: *O senhor colocou o mouse em cima da “mancha” e aparecia ali embaixo.*

Professor: *Assim... não vai ficar exatamente o mesmo valor medido no afinador. O que que a gente vai fazer... a gente vai medir as frequências dessas cordas e vai anotar no primeiro quadro. Naquele dia, nós soprámos as garrafas e arrastamos o mouse sobre a menor frequência produzida para registrar o valor, isso?*

Turma: *Isso.*

Neste momento, o professor faz uma retomada com os alunos, lembrando os procedimentos adotados para a medição das frequências fundamentais dos tubos sonoros por meio do *software Spectrogram*.

“Professor: *Vamos fazer assim: Eu vou bater em uma corda aqui e a gente vê na tela que acendem várias frequências, pois a corda vibra ao mesmo tempo de várias maneiras. Vamos estimar a frequência que mais perdura... olhem na tela. Conseguem ver que a que mais perdura é a mais de baixo (menor frequência)?*”

Professor: *Vamos pegar a frequência disso. Mais ou menos, para que possamos fazer uma estimativa. Quanto que está marcando ali (professor aponta para a tela, indicando onde está esse registro)?*

Turma: *81 (Hz).*

Professor: *As cordas de um violão são numeradas de baixo para cima.”*

Tocando as cordas, o professor indica a sequência: 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 5^a e 6^a cordas.

“Professor: *Então, essa leitura que fizemos é a frequência fundamental de qual corda?*”

Turma: *Sexta.*

Professor: *Isso. Então registrem lá na tabela, para a sexta corda, a frequência de 81 Hz. Lembrando que esse é um valor aproximado.*

Professor: *Vamos agora para a quinta corda. Vamos estimar a frequência. É mais ou menos por aqui. Qual o registro?*

Turma: *112 (Hz).*

Professor: *Isso, por aí. Mas percebam essas outras várias frequências que aparecem! Estamos apenas registrando o valor da frequência...*

Aluno 1: *Fundamental!*

Professor: *Excelente! Na aula passada tínhamos falado nisso.*

Professor: *Vamos para a quarta corda.*

Turma: *145 (Hz).*

Professor: *Terceira corda.*

Turma: *192 (Hz).*

Professor: *Agora a segunda corda.*

Turma: *248 (Hz).*

Professor: *E a primeira, que é a mais fininha?*

Turma: *331 (Hz).*

Aluno 5: *Antes tinha marcado 329 (Hz).*

Professor: *Não importa muito, pois estamos fazendo uma estimativa. “*

O quadro 31 contém o registro dos alunos, auxiliados pelo professor e pelo *Spectrogram*, para essas frequências fundamentais:

Quadro 31 - Frequências fundamentais das cordas de uma guitarra

CORDAS	1ª corda	2ª corda	3ª corda	4ª corda	5ª corda	6ª corda
FREQUÊNCIAS (Hz)	331	248	192	145	112	81

Fonte: inspirado de Morini, 2009

Com os valores registrados no quadro 31, demos sequência as perguntas.

“Professor: *O que temos que responder agora?*

Aluno 5: *(E.6) Qual a dependência entre a espessura da corda e a frequência obtida?*

Alunos 4 e 7: *Quanto mais grossa a corda, menor a frequência!*

Professor: *Portanto, o som é mais...*

Alunos 4 e 7: *Grave!*

Professor: *Isso mesmo! Anotem lá então.*

Aluno 5: *Como é que é mesmo? Quanto mais grossa...*

Aluno 4: *Menor a frequência. O som é mais grave.”*

Concluída esta etapa de discussão, os alunos deveriam registrar no questionário a resposta obtida.

“Professor: *Vamos para a próxima etapa agora. (E.7) O que ocorre com o valor da frequência à medida que o segmento vibrante vai sendo reduzido?*

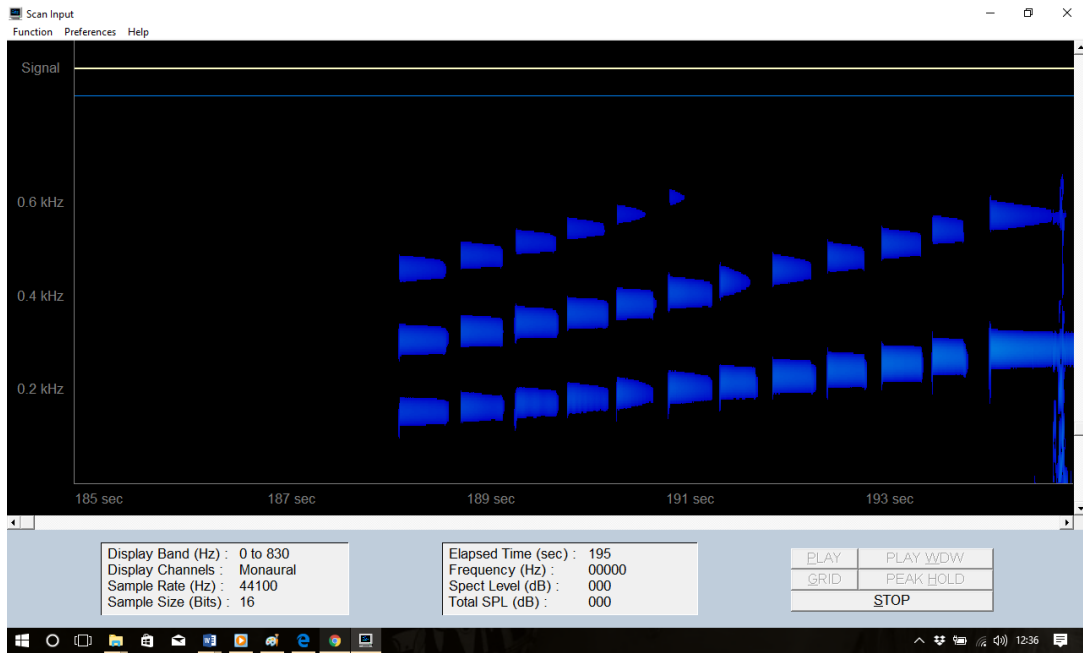
Professor (explica aos alunos, com a guitarra na mão): *Agora a gente vai pegar a mesma corda e vai fazer assim. A gente vai tocar em cada casinha dessas, encurtando o tamanho da corda.”*

O grupo pareceu entender que quanto menor o tamanho da parte vibrante da corda, maior é a frequência emitida. Ou seja, mais agudo é o som. Assim, já registram a resposta no questionário.

Professor: *Venham aqui atrás que eu quero mostrar uma coisa!”*

Usando o *Spectrogram*, o professor mostrou como se comportam as frequências de vibração de uma das cordas (o eixo vertical da Fig.15 representa as frequências de vibração das cordas, em hertz, enquanto que o eixo horizontal representa o tempo que cada frequência perdura, em segundos). Arrastou o dedo sobre o braço da guitarra, do intervalo entre o primeiro e segundo trastes (primeira casa) até o intervalo entre o décimo segundo e décimo terceiro trastes (décima segunda casa). Abaixo, uma figura semelhante à explorada no laboratório.

Figura 15 - Print screen do Spectrogram: frequências registradas para a quarta corda da guitarra, deslocando o dedo da primeira até a décima segunda casa



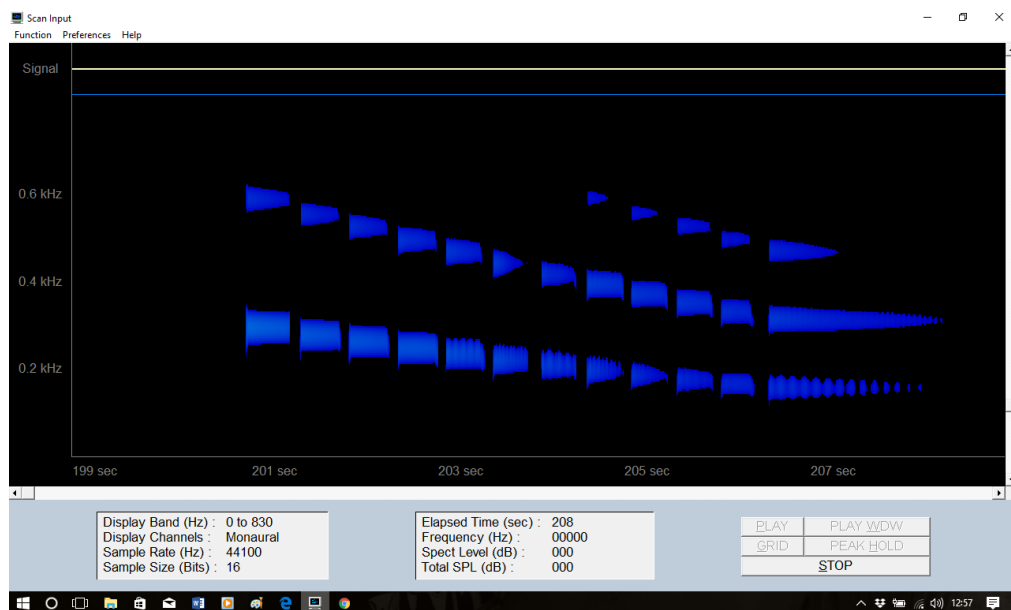
Fonte: próprio autor

“Professor: Conseguiu, Aluno 5? Dá pra ver que aquelas marcas vão mais pra cima na tela, indicando frequências maiores.

Aluno 4: E como seria a imagem se deixássemos a corda mais comprida?

Professor: Vamos fazer aqui. Começamos com a corda mais curta.”

Figura 16 - Print screen do Spectrogram: frequências registradas para a quarta corda da guitarra, deslocando o dedo da a décima segunda casa até a primeira casa



Fonte: próprio autor

“Aluno 4: Vai ficando mais grave. Dá pra ver na imagem!”

O professor retomou a leitura do questionário, indo para o próximo passo, para poder responder E.8.

“Professor: *Escolha uma corda do violão entre a primeira (mais fina) e a sexta (mais grossa). No braço do violão existem traços transversais ao braço, que são chamados de trastes (professor aponta para a guitarra, explicando o que são os trastes e as casas do violão). Para a corda escolhida, posicione o dedo indicador em cada espaço entre um traste e outro em doze intervalos seguidos. Anote os valores na tabela. A gente vai anotar os valores que aparecem aqui (Spectrogram), certo?*

Professor: *Vocês escolhem qual corda?*

Aluno 4: *Quarta corda!*

Professor: *Ok! Então agora vamos proceder da seguinte maneira. Eu toco a quarta corda em cada casa, e a gente arrasta o mouse para ver a frequência fundamental. Vamos registrar esses valores no quadro.”*

O quadro foi construído coletivamente, com o professor tocando a guitarra e os alunos buscando o valor estimado da frequência, portanto, todos têm os mesmos dados numéricos no questionário. Começamos tocando com a primeira casa pressionada (intervalo entre o primeiro e o segundo trastes) e fomos até a décima segunda casa (intervalo entre o décimo segundo e décimo terceiro trastes). Por último, tocamos a “corda solta”.

Quadro 32 - Medindo as frequências em cada casa da quarta corda da guitarra

INTERVALO ENTRE TRASTES	Toda corda	1° e 2°	2° e 3°	3° e 4°	4° e 5°	5° e 6°	6° e 7°	7° e 8°	8° e 9°	9° e 10°	10° e 11°	11° e 12°	12° e 13°
FREQUÊNCIAS (Hz)	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}
	148	156	165	177	186	199	210	224	235	251	264	280	297

Fonte: inspirado de Morini, 2009

Dando continuidade ao questionário, conversamos sobre as notas musicais.

“Professor: Qual foi a corda que a gente escolheu?”

Turma: Quarta corda.

Professor: Vocês me falaram na aula passada sobre as notas musicais e me disseram sete notas: Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá e Si. Com o violão, temos divisões entre essas notas na escala, chamando essa escala de escala temperada. Por exemplo (professor toca a sexta corda solta): Aqui é um Mi.”

A partir daí o professor vai pressionando a sexta corda, da primeira até a décima segunda casa.

“Professor: Na primeira casa temos o Fá. Pulando uma casa, temos o Sol. Esse espaço entre essas duas notas chamamos de Fá # (# é o símbolo que representa sustenido). Pulando mais uma casa, temos o Lá. Esse espaço entre o Sol e o Lá chamamos de Sol #. Pulando mais uma casa, temos o Si. O espaço entre o La e o Si notas chamamos de Lá #. Colado no Si temos o Dó, ou seja, o sustenido do Si é o Dó! Pulando mais uma casa temos o Ré. O intervalo entre o Dó e o Ré chamamos de Dó sustenido. Pulando mais uma, temos o Mi novamente. O intervalo entre o Ré e o Mi chamamos de Ré #. A corda solta era o Mi, aqui (décima segunda casa) também é o Mi.

Professor: A quinta corda solta é o Lá. Na mesma corda, a décima segunda casa também é um Lá.

Aluno 4: Mas é mais fino:

Professor: Sim, é um lá mais agudo!”

O professor repete para as demais cordas, tocando solta e depois pressionada na décima segunda casa.

“Professor: Este intervalo, da corda solta até a décima segunda casa pressionada, chamamos de uma oitava. Uma oitava corresponde à doze semitons! Vamos pegar as medidas que fizemos anteriormente e calcular a razão entre as frequências do traste posterior e anterior, no intervalo de uma oitava, completando o quadro abaixo).”

O aluno 1 ficou responsável pelas divisões dos valores, enquanto que os demais integrantes do grupo anotavam no quadro 33.

Quadro 33 - Razão entre as frequências (f_{n+1}/f_n) para a quarta corda da guitarra

Razão entre as frequências	f_2/f_1	f_3/f_2	f_4/f_3	f_5/f_4	f_6/f_5	f_7/f_6	f_8/f_7	f_9/f_8	f_{10}/f_9	f_{11}/f_{10}	f_{12}/f_{11}	f_{13}/f_{12}
Resultado obtido	1,05	1,05	1,07	1,05	1,06	1,05	1,06	1,04	1,06	1,05	1,06	1,06

Fonte: inspirado em Morini, 2009

“Professor: Vocês estão entendendo o que estão fazendo? Estão dividindo o valor da frequência da casinha de depois pela de antes. E encontraram praticamente o mesmo número. Praticamente 1,06.

Professor: O que significa essa razão que encontramos?

Aluno 1: O intervalo entre semitons?

Professor: Isso ai. Esse é o valor do intervalo de um semitom na escala temperada.

Aluno 4: Mas o que são semitons?

Professor: É, por exemplo, o intervalo entre o Dó e o Dó #, entre o Ré e o Ré #. É essa divisão da escala musical.”

A figura 17 ilustra os intervalos entre as notas musicais compreendidas de um Dó até o próximo Dó em uma escala temperada, completando uma oitava.

Figura 17 - Escala temperada: intervalo entre tons e semitons

Nota	Razão intervalar	n.o semitons
Dó	1,000	0
Dó# Réb	1,059	1
Ré	1,122	2
Ré# Mib	1,189	3
Mi	1,260	4
Fá	1,335	5
Fá# Solb	1,414	6
Sol	1,498	7
Sol# Láb	1,587	8
Lá	1,682	9
Lá# Sib	1,782	10
Si	1,888	11
Dó	2	12

Fonte: <http://www2.eca.usp.br/prof/iazzetta/tutor/acustica/escalas/temperada.html>

O grupo mostrou uma certa preocupação com o desenvolvimento da prática com toda a turma, quanto à responsabilidade dos colegas em manter tudo em ordem durante o encontro.

“Aluno 7: *Sor, tu vai dar essa aula prática para a turma toda?*”

Professor: *Estou vendo como organizar isso...*

Aluno 7: *Imagina aquelas garrafas caindo da mesa!”*

Professor retoma a leitura do questionário: *“Vamos continuar então. (E.10) As frequências fundamentais obtidas em cada corda solta da mais fina para a mais grossa, ou seja, de maior para menor frequência são respectivamente o Mi, Si, Sol, Ré, Lá, Mi; sendo que esta, a última ali, está a duas oitavas abaixo do 1º Mi. Então, da primeira à sexta corda, vamos de Mi à Mi. Uma oitava vai de Mi a Mi, essa ai está de Mi à Mi, mais outro intervalo de Mi a Mi. Nós corremos duas vezes essa sequência de notas aqui.*

Professor: *Qual foi a nota obtida na corda solta que o grupo escolheu?*

Aluno 5: *Foi a quarta.*

Aluno 7: *Ré?*

Professor: *Isso. E qual a frequência dessa corda? Temos essa informação lá no começo do encontro.*

Aluno 4: 148.

Professor: 148 o quê?

Aluno 4: 148 Hz!

Professor: *Como a gente está fazendo com um grupo só, vamos procurar nossos registros de frequências para a primeira e a última cordas.*

Aluno 4: 331 Hz e 81 Hz.

Professor: *Então anotem aí. E façam a divisão do maior valor pelo menor valor para ver o que vai dar.*

Aluno 7: *Dá 4,08.*

Professor: *Quase quanto então?*

Aluno 7: *Quase 4!*

Professor: *O que significa isso? Que o intervalo entre o Mi da corda mais grossa até o Mi da corda mais fina, verificamos que eram duas oitavas, né? Então para alcançarmos duas oitavas, multiplicamos por quatro. Então quer dizer que o intervalo de uma oitava multiplica por quanto?*

Aluno 1: *Por dois.*

Professor: *Olhem só! Qual foi o valor que encontraram para a quarta corda solta?*

Aluno 2: 145 (Hz).

Professor: *E para ela presa na décima segunda casa?*

Aluno 2: 297 (Hz).

Professor: *Então faz essa divisão. Lembrem que esse é o intervalo de uma oitava.*

Aluno 1: *Aproximadamente 2.*

Professor: *Exato. Então cada vez que eu vou de um Dó até o próximo Dó, por exemplo, a nova frequência será o dobro da anterior.*

Professor: *Aí tem que dizer ali: (E.12) Qual é a relação matemática do Mi da corda mais fina para o Mi duas oitavas abaixo na corda mais grossa?*

Aluno 4: *É quatro, né?*

Professor: *Quatro vezes...*

Aluno 4: *Maior.*

Professor: *A frequência desta corda mais fina é quatro vezes maior que a da corda mais grossa."*

Durante o experimento com a guitarra, percebe-se que os alunos interagem com o professor, sendo conduzidos a um ponto de vista específico embasados nas discussões dos episódios anteriores. A abordagem comunicativa é, portanto, do tipo interativa / de autoridade. A intenção do professor era guiar os estudantes na aplicação de ideias científicas e na expansão de seu uso, e o conteúdo dessa interação é uma explicação teórica. O padrão de interação foi essencialmente do tipo I – R – A, e a intervenção do professor foi no sentido de recapitular e antecipar resultados, revendo o progresso da estória científica.

Quadro 34 – Síntese dos aspectos chaves de Episódio 5, Parte 1

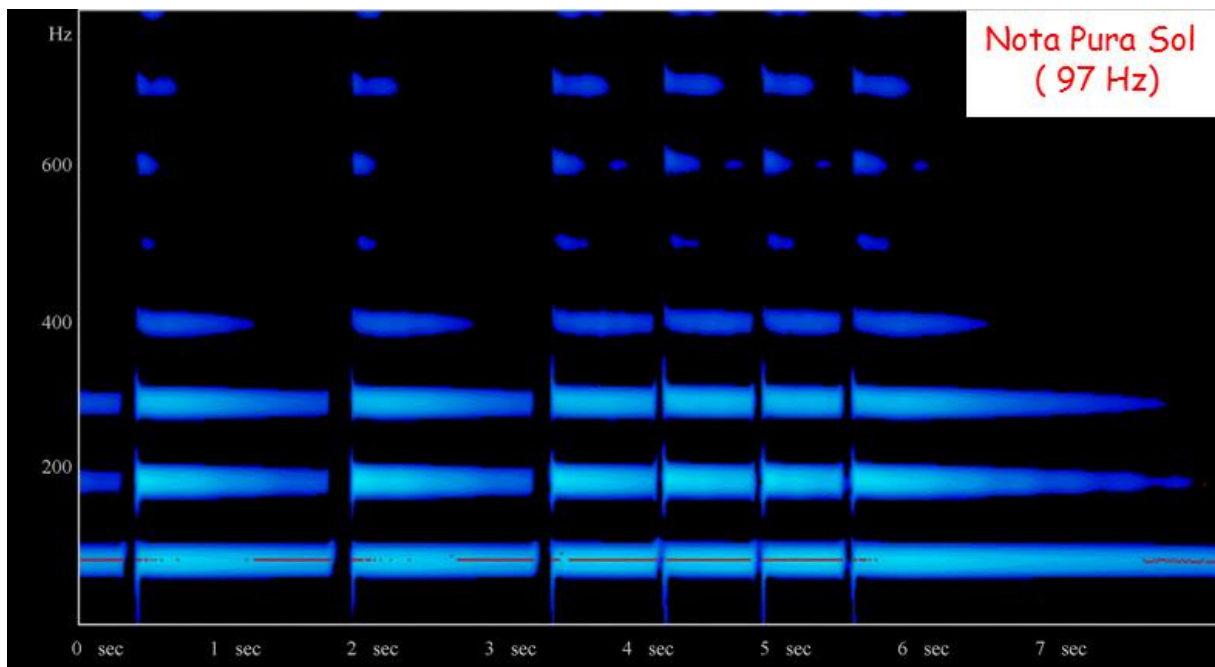
EPISÓDIO 5 – PARTE 1	
Intenções do professor	<p><u>Guiando os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e responsabilidade por esse uso.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Relacionar o que foi aprendido com os tubos sonoros com as cordas da guitarra.
Conteúdo	<p><u>Explicação teórico / Generalização</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar, por meio do <i>software Spectrogram</i>, as frequências fundamentais das cordas de uma guitarra. • Determinar a frequência entre os trastes para uma das cordas e calcular o intervalo entre os semitons.
Abordagem comunicativa	<p><u>Interativo / de autoridade</u> (uso da guitarra e do <i>software Spectrogram</i> para elucidar os conceitos de cordas vibrantes: frequência fundamental, harmônicos, intervalo dois sons, respondendo de E.5 à E.12).</p>
Padrões de interação	I – R – A

Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar as ideias dos estudantes, <u>dando forma aos significados</u>; • <u>Selecionando significados</u> (trabalhar os significados no desenvolvimento da “estória científica”); • <u>Marcando significados chaves</u> (notas musicais, frequência fundamental, harmônicos, tons e semitons); • <u>Compartilhando significados</u>, discutindo o significado das imagens na tela do <i>Spectrogram</i>.
---------------------------	--

Fonte: próprio autor

No final do encontro, capturamos algumas imagens na tela como os exemplos abaixo. Lembrando que o eixo vertical representa as frequências de vibração das cordas, enquanto que o eixo horizontal representa o tempo que cada frequência perdura. A linha vermelha representa a frequência do harmônico fundamental.

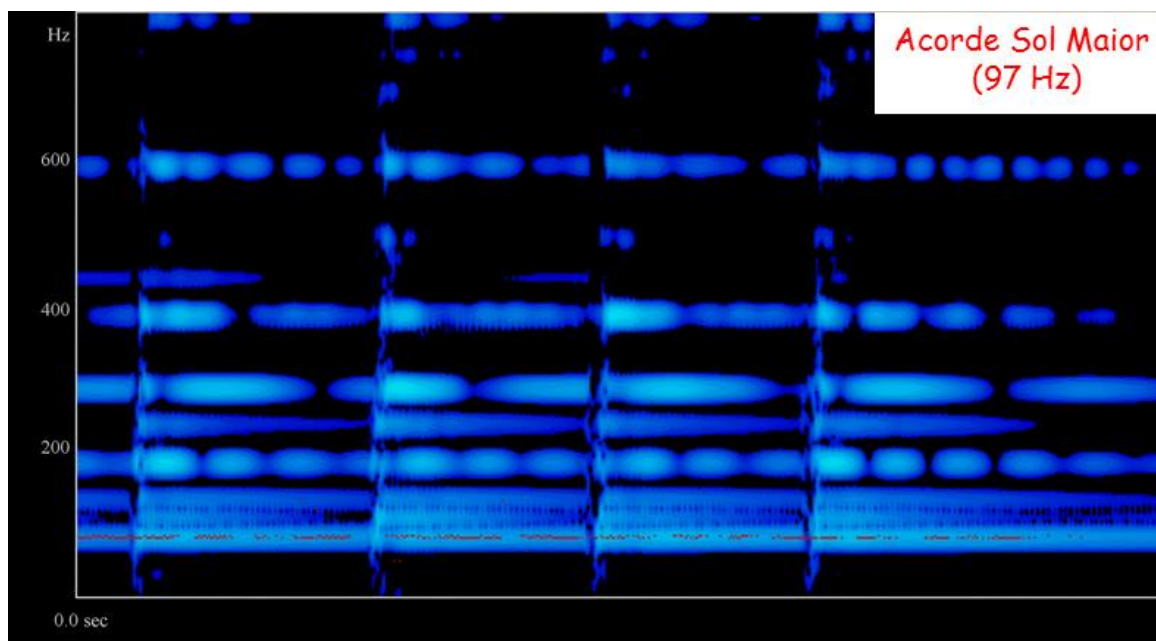
Figura 18 – Print screen do Spectrogram: Nota Sol (6ª corda do violão, 3ª casa)



Fonte: próprio autor

O professor ressalta que, quando uma corda é posta a vibrar, ela não o faz em uma única frequência. Analisando a figura de uma nota musical (uma única corda tangida, Fig.18), aparecem vários modos de vibração. Para a nota Sol (sexta corda do violão, pressionando a quinta casa), a frequência fundamental é de 97 Hz. Na construção de um acorde⁴ simples de Sol (fig.19), vemos que a tela fica praticamente “toda pintada”, pois são as seis cordas vibrando ao mesmo tempo, com vários harmônicos cada uma. A superposição desses harmônicos descreve a imagem abaixo, e tem como frequência fundamental os mesmos 97 Hz.

Figura 19 – Print screen do Spectrogram: acorde Sol Maior



Fonte: próprio autor

⁴ Um acorde corresponde a execução simultânea de três ou mais notas. Um acorde de três notas é chamado de tríade e é composto pela nota fundamental (mais grave), um intervalo de terça e um intervalo de quinta, ambos ascendentes.

Na figura 20, constam seqüências ordenadas de notas componentes de uma escala. Essa seqüência de distâncias é: tom, tom, semitom, tom, tom, tom, semitom, repetindo o ciclo.

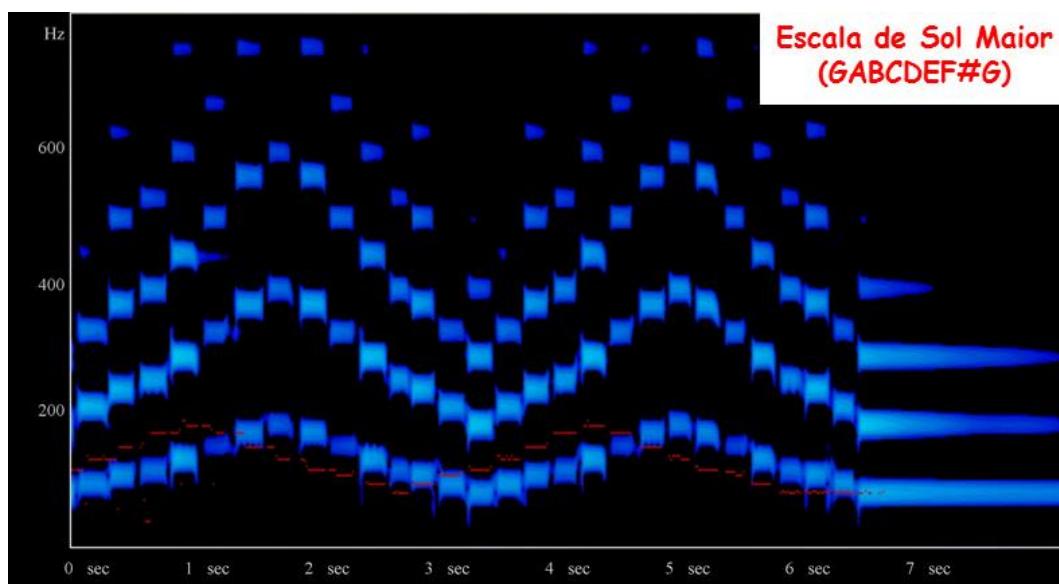
Figura 20 - Intervalos da escala

<i>Intervalos da escala</i>	<i>Tom</i>	<i>Tom</i>	<i>Semi-Tom</i>	<i>Tom</i>	<i>Tom</i>	<i>Tom</i>	<i>Semi-Tom</i>	
Escala Dó maior	C	D	E	F	G	A	B	C
Escala Ré maior	D	E	F#	G	A	B	C#	D
Escala Mi maior	E	F#	G#	A	B	C#	D#	E
Escala Fá maior	F	G	A	Bb	C	D	E	F
Escala Sol maior	G	A	B	C	D	E	F#	G
Escala Lá maior	A	B	C#	D	E	F#	G#	A
Escala Si maior	B	C#	D#	E	F#	G#	A#	B

Fonte: <http://www.descomplicandoamusica.com/escalas-musicais/>

A figura 21 foi obtida construindo a escala de Sol maior na guitarra, e retornando para o início. (G – A – B – C – D – E – F# - G – F# - E - D - C - B - A – G).

Figura 21 - Print screen do Spectrogram: escala de Sol Maior



Fonte: próprio autor

Ao relacionar a física com a música, dando sentido às notas musicais, a intenção do professor é sustentar o desenvolvimento da “estória científica”. Manuseando a guitarra e discursando sobre notas musicais, escalas e acordes, utilizando-se de uma abordagem não-interativa / de autoridade, o conteúdo do discurso é de generalização teórica de frequência fundamental e harmônicos, aplicáveis a qualquer fonte sonora. A intervenção do professor foi a de compartilhar significados com o grupo e rever o progresso da “estória científica”

Quadro 35 – Síntese dos aspectos chaves de Episódio 5, Parte 2

EPISÓDIO 5 – PARTE 2	
Intenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da “estória científica”.</u>
Conteúdo	<u>Explicação / Generalização</u> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar, por meio do <i>software Spectrogram</i>, as frequências nos intervalos entre os trastes de uma corda da guitarra.
Abordagem comunicativa	<u>Não-interativo / de autoridade</u> , discursando que existe uma relação entre nota musical e frequência fundamental e na formação de acordes.
Padrões de interação	Não houve interação
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Compartilhando significados</u>, discutindo o significado das imagens na tela do <i>Spectrogram</i>; • <u>Checando o entendimento dos estudantes</u>, analisando as respostas no questionário.

Fonte: próprio autor

5.6. Aplicação do episódio 6

Durante este episódio, aprendemos noções de escala musical, tons e semitons, espaço de uma oitava, relacionando com as frequências obtidas pelo *Spectrogram*. No final do encontro, comparamos instrumentos diferentes, produzindo uma mesma nota musical. Dessa maneira, completamos os estudos referentes às qualidades fisiológicas do som.

Leitura do professor para o grupo: “Depois de responder à questão E.10 e conhecer a figura referente às notas musicais que formam uma oitava, você já tem condições de relacionar as frequências estabelecidas em cada espaço entre um traste e outro com as notas musicais referentes a estes. Preencha o quadro 36 com as frequências já conhecidas em cada intervalo e na coluna abaixo preencha com as notas musicais referentes à cada frequência.”

O grupo retoma os resultados adquiridos, associando a informação dos semitons na escala musical, construindo o quadro abaixo:

Quadro 36 - Intervalo entre os trastes

INTERVALO ENTRE TRASTES	Toda corda	1° e 2°	2° e 3°	3° e 4°	4° e 5°	5° e 6°	6° e 7°	7° e 8°	8° e 9°	9° e 10°	10° e 11°	11° e 12°	12° e 13°
FREQUÊNCIAS (Hz)	148	156	165	177	186	199	210	224	235	251	264	280	297
NOTA MUSICAL	Ré	Ré #	Mi	Fá	Fá #	Sol	Sol #	Lá	Lá #	Si	Dó	Dó #	Ré

Fonte: inspirado em Morini, 2009

Tiveram alguma dúvida com relação ao preenchimento da última linha do quadro.

“Aluno 5: Aqui em corda solta eu coloco Ré?”

Professor: Isso mesmo! Agora continua a sequência dos semitons.

Aluno 4: Daí o próximo é Ré #?

Professor: Isso ai, agora continua. Terminou em qual?

Aluno 4: Ré!

Professor: Sim. O intervalo é de uma oitava, de Ré a Ré.”

A discussão conduzida nesta primeira etapa do episódio foi a partir de uma abordagem interativa / de autoridade, onde o professor trabalha com a escala musical (tons e semitons), relacionando com as casas de uma das cordas da guitarra. O conteúdo do discurso é de explicação teórico e, em seguida, generalização, com padrão de interação I – R – A, ao comparar o quadro 32 com o

quadro 36. A intenção do professor era marcar significados chaves e sustentar o desenvolvimento da estória científica, associando o conceito de frequência às notas musicais. A intervenção do professor foi dar significado ao que seriam as notas musicais, verificar a relação matemática que existe entre os trastes e checar o conhecimento

Quadro 37 – Síntese dos aspectos chaves de Episódio 6, Parte 1

EPISÓDIO 6 – PARTE 1	
Intenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da “estória científica”.</u>
Conteúdo	<p><u>Explicação teórica</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar, por meio do <i>software Spectrogram</i>, as frequências nos intervalos entre os trastes de uma corda da guitarra; • Calcular o intervalo entre dois semitons consecutivos;
Abordagem comunicativa	<u>Interativo / de autoridade</u> (enquanto comparam as frequências com as notas musicais);
Padrões de interação	I – R – A
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Marcando significados chaves</u> (notas musicais, frequência fundamental, harmônicos, tons e semitons); • <u>Checando o entendimento dos estudantes,</u> analisando as respostas no questionário.

Fonte: próprio autor

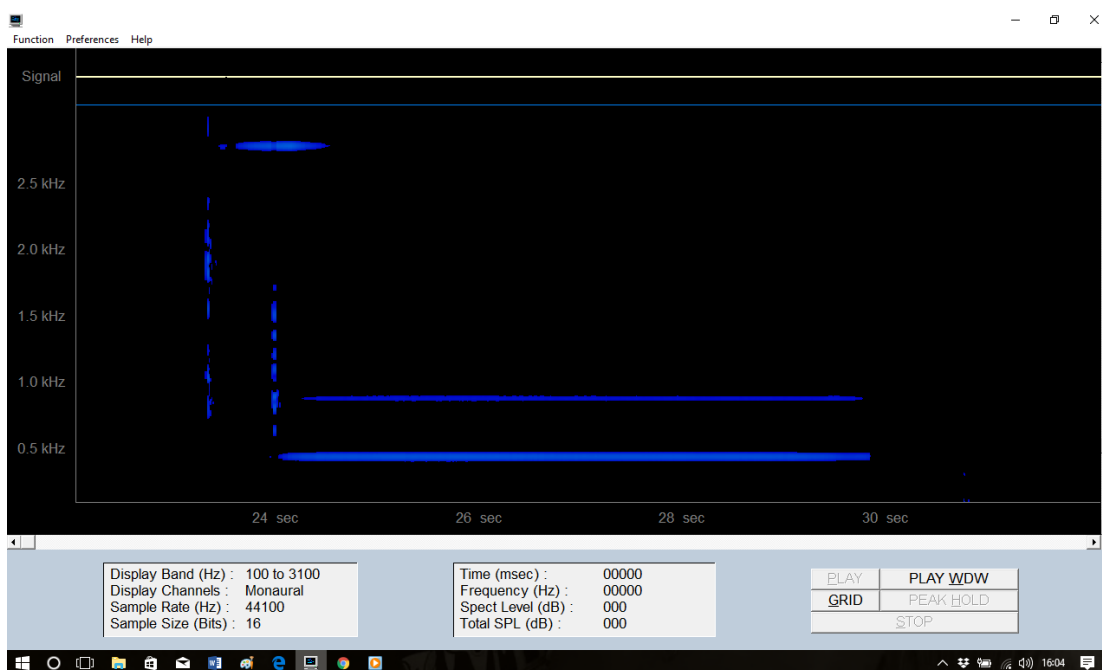
Leitura do professor: “*Análise a mesma nota musical gerada por um violão e um diapasão que é um instrumento que serve para medir frequência. Observe os picos de intensidade de frequência no software Spectrogram do violão e o diapasão para a mesma nota musical.*”

“Professor: *O som produzido pelo diapasão (440 Hz, correspondente à nota Lá) é semelhante ao som produzido pela primeira corda da guitarra, pressionando a quinta casa. Pressionando a sexta corda, na quinta casa, temos aproximadamente 112 Hz (obtido pelo Spectrogram). Ou seja, o Lá da sexta corda está duas oitavas*

abaixo do Lá da primeira corda (aproximadamente 440 Hz, obtido pelo Spectrogram).

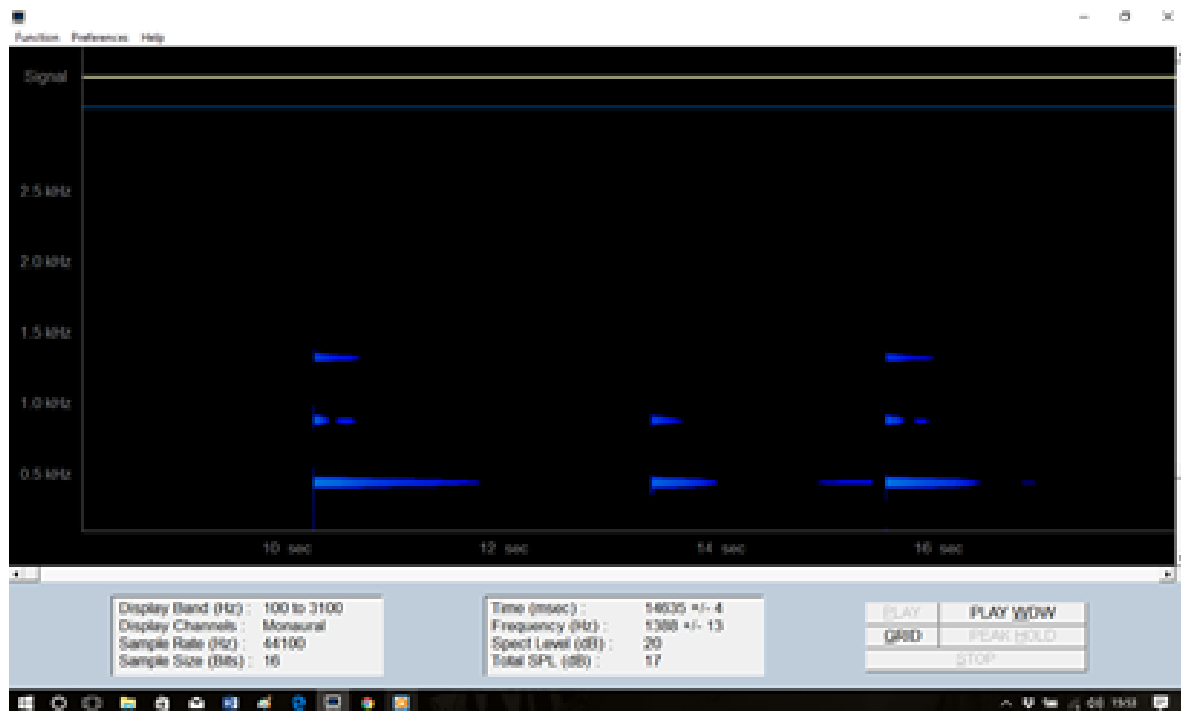
Professor: (E.13) Observando no software Spectrogram há alguma diferença entre os picos de frequência da nota emitida pela guitarra, primeira corda na quinta casa (fig. 23), para o diapasão (fig. 22)? Pode-se dizer que o som emitido pelos dois é exatamente o mesmo?

Figura 22 - Print screen do Spectrogram: frequência de vibração de um diapasão



Fonte: próprio autor

Figura 23: Print screen do Spectrogram: frequências de vibração da primeira corda da guitarra, pressionada na quinta casa



Fonte: próprio autor

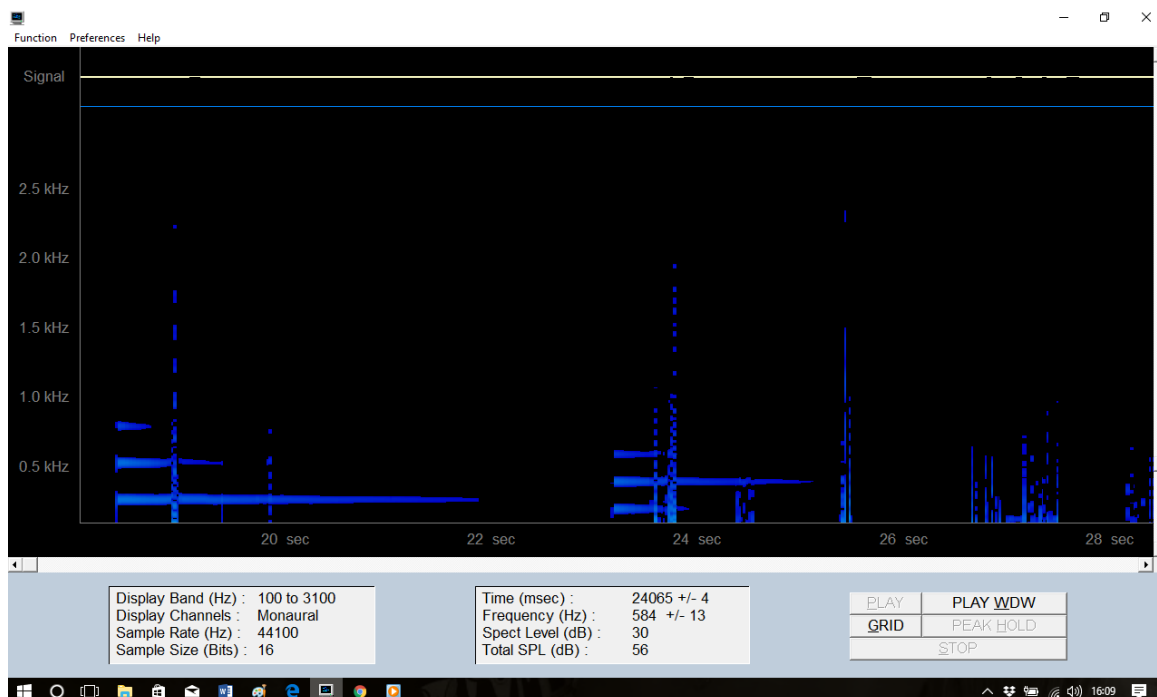
Aluno 1: O som é parecido, mas a imagem da nota da guitarra e do diapasão tem esses picos diferentes.

Professor: (E.14) Quando se modifica a posição do toque na mesma corda, esta emite a mesma nota musical mas o som emitido não é exatamente o mesmo. O que gera esta diferença?

Aluno 4: Aparecem frequências diferentes.

Professor: Chamamos isso de harmônicos. Temos o fundamental e outros harmônicos acontecendo ao mesmo tempo. Quando mudamos a posição do dedo, na mesma casa, aparecem harmônicos diferentes.

Figura 24: Print screen do Spectrogram: modificando a posição do dedo entre os mesmos trastes



Fonte: próprio autor

“Professor: (E.15) Observe o comportamento dos picos de frequência além da fundamental. Estes picos de frequências (na nota emitida pelo violão e da nota emitida pela flauta) tem os mesmos valores? Podemos também comparar com o cavaquinho.

Professor: Dá pra saber direitinho qual o instrumento que está tocando, mesmo sendo a mesma nota, não dá? O que diferencia um do outro?

Professor: (E.16) O som que você escuta quando a mesma nota é emitida é exatamente o mesmo? Se a resposta for negativa, o que faz com que sejam diferentes?”

Enquanto os alunos discutem, formulando uma resposta conjunta, podemos perceber muitas ideias. A interação segue com uma abordagem interativa / dialógica, inicialmente sem a participação do professor.

Quadro 38 – Síntese dos aspectos chaves de Episódio 6, Parte 2

EPISÓDIO 6 – PARTE 2	
Intenções do professor	• <u>Explorando a visão dos estudantes.</u>
Conteúdo	<u>Explicação teórica / Generalização</u>

	<ul style="list-style-type: none"> • Comparar o Lá (440 Hz) produzido pelo diapasão com o Lá da 5ª casa, 1ª corda da guitarra; • Comparar notas iguais, de mesma intensidade, produzidas por fontes sonoras diferentes.
Abordagem comunicativa	<u>Interativo / dialógico</u> (enquanto comparam os sons produzidos pelo diapasão, pela guitarra, pelo cavaquinho, pelo apito, pelas garrafas e pelas flautas, respondendo de E.15 e E.16);.
Padrões de interação	Aluno – aluno
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dando forma aos significados</u> (explorando a ideia dos alunos).

“Aluno 5: Então se não é a nota, o que é?”

Professor: Se é a mesma nota, é a mesma altura, pois quem determina a nota é a frequência. Então, não é a altura que diferencia um instrumento do outro nesse caso. Também não é a intensidade, a intensidade diferencia um som forte de um som fraco. Essa diferença tem a ver com a diferença entre os picos que registramos no Spectrogram.”

Retomamos a discussão dos picos que apareceram na tela para a flauta, o diapasão, o cavaquinho e a guitarra.

“Aluno 5: A frequência fundamental é a mesma, mas os outros harmônicos são diferentes. Não tem os mesmos valores!”

Aluno 2: O material que é feito o instrumento também modifica essa característica do som?

Professor: Sim. Guitarras feitas com materiais diferentes (madeira, captadores), produzem sons com essa diferença. Essa percepção diferente, essa qualidade fisiológica do som, chamamos de timbre. Para os instrumentos de corda, percebe-se então que a frequência de oscilação das cordas depende basicamente de três fatores: a tensão aplicada na corda, a densidade linear da corda e o

comprimento da corda. Essa vibração na(s) corda(s) superpondo seus diversos harmônicos, e a vibração do corpo do instrumento caracterizam o seu timbre.”

Feito isso, os alunos estavam aptos a responder à questão central:

“Quando se escuta uma música consegue-se identificar os diferentes instrumentos utilizados na execução da música, mesmo quando a nota tocada pelos diferentes instrumentos seja a mesma. O que faz com que o som de cada instrumento seja diferente?”

Depois de mais alguns minutos de debates, demonstrações e comparações entre instrumentos, ficou claro o que essa diferença nos sons produzidos não está na altura (alto e baixo), nem na intensidade (forte e fraco), mas na quantidade de harmônicos que se superpõe. A qualidade fisiológica do som que nos permite distinguir fontes sonoras emitindo uma mesma nota musical (mesma altura) é chamada de **timbre**. Nesta etapa, a abordagem do discurso foi não-interativa / de autoridade, com a intenção de sustentar o desenvolvimento da “estória científica”.

Quadro 39 – Síntese dos aspectos chaves de Episódio 6, Parte 3

EPISÓDIO 6 – PARTE 3	
Intenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da “estória científica”.</u>
Conteúdo	<u>Explicação teórica / Generalização</u> <ul style="list-style-type: none"> • Comparar notas iguais, de mesma intensidade, produzidas por fontes sonoras diferentes.
Abordagem comunicativa	<u>Não-interativo / dialógico</u> , contrapondo as ideias iniciais às ideias científicas, e respondendo à questão central.
Padrões de interação	Não houve interação
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Selecionando significados</u> (trabalhar os significados no desenvolvimento da “estória científica”); • <u>Marcando significados chaves</u> (notas musicais, frequência fundamental, harmônicos, tons e semitons); • <u>Compartilhando significados</u>, comparar as imagens na tela do <i>Spectrogram</i> para as garrafas, a flauta pan e a guitarra.

	Finalizar entendendo as qualidades fisiológicas do som: altura, intensidade e timbre. <ul style="list-style-type: none"> • <u>Checando o entendimento dos estudantes</u>, analisando as respostas no questionário.
--	--

Finalizando este capítulo, abaixo estão as respostas escritas dos alunos:

E.5) *Os violões possuem seis cordas. Quais os valores das frequências fundamentais obtidas em cada corda (inicie da mais fina para a mais grossa)? Anote no quadro 40 os resultados obtidos (considerando que o violão sobre a mesa está nas condições ideais de trabalho, você pode baixar, para o seu celular, algum app para afinação).*

Em grupo, preenchamos o quadro abaixo usando o *Spectrogram*. Quando tangidas as cordas, na tela do programa aparecem muitos modos de vibração. Existe um que perdura mais: o harmônico fundamental. Arrastando o mouse sobre a tela, sobre a marca desse harmônico, anotamos a frequência fundamental (valor aproximado).

Quadro 40 - Frequências fundamentais das cordas de uma guitarra

CORDAS	1ª corda	2ª corda	3ª corda	4ª corda	5ª corda	6ª corda
FREQUÊNCIAS (Hz)	331	248	192	145	112	81

Fonte: Morini, 2009

E.6) *Qual a dependência entre a espessura da corda e a frequência obtida?*

Aluno 1: *Quanto mais grossa, menor a frequência, portanto o som é mais grave e o oposto para cordas mais finas.*

Aluno 2: *Quanto mais grossa a corda, menor a frequência. Ou seja, o som é mais grave.*

Aluno 3: *Quanto mais grossa a corda o som é mais grave, ou seja, menor frequência.*

Aluno 4: *Quanto mais grossa a corda, menor a frequência, obtendo um som mais grave.*

Aluno 5: *Quanto mais grossa a corda mais grave e menor a frequência.*

Aluno 6: Quanto mais grossa a corda, o som é mais grave e menor é a frequência.

Aluno 7: Quanto mais grossa a corda, menor frequência, ou seja, o som é mais grave.

Utilize o software Spectrogram para observar o que ocorre com a frequência quando, em uma mesma corda, for alterada a posição do dedo que a pressiona, encurtando o segmento vibrante.

E.7) O que ocorre com o valor da frequência a medida que o segmento vibrante vai sendo reduzido?

Aluno 1: A frequência vai aumentando.

Aluno 2: Quanto menor o segmento, maior a frequência, ou seja, o som fica mais agudo.

Aluno 3: Quanto menor o segmento, mais agudo o som se torna, ou seja, maior frequência.

Aluno 4: A medida que o segmento vibrante é reduzido, o som fica mais agudo, ou seja, aumenta a frequência.

Aluno 5: Quanto menor o “seguimento” agudo, maior a frequência.

Aluno 6: Quanto menor o segmento, maior frequência, o som fica mais agudo.

Aluno 7: Quanto menor o segmento, maior a frequência ou seja mais agudo.

Escolha uma corda do violão entre a primeira (mais fina) e a sexta (mais grossa). No braço do violão existem traços transversais a ele, que são chamados de trastes. Para a corda escolhida, posicione o dedo indicador em cada espaço entre um traste e outro em doze intervalos seguidos. Anote os valores no quadro 41.

Quadro 41 - Medindo as frequências em cada traste de uma das cordas da guitarra

INTERVALO ENTRE TRASTES	Toda corda	1° e 2°	2° e 3°	3° e 4°	4° e 5°	5° e 6°	6° e 7°	7° e 8°	8° e 9°	9° e 10°	10° e 11°	11° e 12°	12° e 13°
FREQUÊNCIAS (Hz)	f_1 148	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11} 204	f_{12}	f_{13}

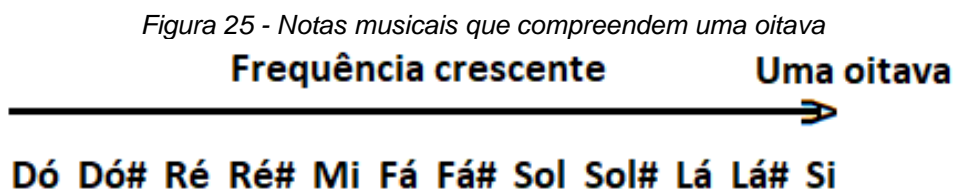
Fonte: inspirado em Morini, 2009

E.8) Qual é a corda escolhida?

Quarta corda (Ré).

A escala musical é uma sucessão de tons e semitons até completar uma oitava, iniciando-se e finalizando-se na mesma nota.

Observe uma das sequências possíveis completando uma oitava na figura 25.



Fonte: adaptado de Morini, 2009

Resolva a razão entre as frequências de trastes seguidos e preencha o quadro 42:

Quadro 42 - Razão entre as frequências (f_{n+1}/f_n) para uma corda da guitarra

Razão entre as frequências	f_2/f_1	f_3/f_2	f_4/f_3	f_5/f_4	f_6/f_5	f_7/f_6	f_8/f_7	f_9/f_8	f_{10}/f_9	f_{11}/f_{10}	f_{12}/f_{11}	f_{13}/f_{12}
Resultado obtido	1,05	1,05	1,07	1,05	1,06	1,05	1,06	1,04	1,06	1,05	1,06	1,06

Fonte: inspirado em Morini, 2009

E.9) Há alguma relação entre cada uma das razões de frequências dos intervalos entre trastes calculada no quadro anterior?

Aluno 1: Representa a razão entre as frequências obtidas ao tocar uma mesma corda em diferentes trastes.

Aluno 2: Sim, é a razão entre os semitons. Os semitons são Dó, Dó#, Ré, Ré#, Mi, Fá, Fá#, Sol, Sol#, Lá, Lá#, Si.

Aluno 3: Sim, a razão entre os semitons.

Aluno 4: Esta é a razão entre os semitons, ou seja, a razão entre a transição de cada nota musical.

Aluno 5: Representa razão dos semitons.

Aluno 6: Sim, a razão entre os semitons.

Aluno 7: Sim, a razão entre os semitons.

E.10) As frequências fundamentais obtidas em cada corda solta da mais fina para a mais grossa ou seja de maior para menor frequência são respectivamente o Mi, Si, Sol, Ré, Lá, Mi (sendo que esta está a duas oitavas abaixo do 1° Mi). Qual foi a nota obtida na corda solta que o grupo escolheu?

Aluno 1: Ré, com a frequência de aproximadamente 148 Hz.

Aluno 2: A corda foi a Ré. Sua frequência é de 148 Hz.

Aluno 3: Ré, 148 Hz.

Aluno 4: Ré – 4ª corda – 148 Hz.

Aluno 5: Ré – 148 Hz.

Aluno 6: Ré, 148 Hz.

Aluno 7: Ré – 148 Hz.

Discuta com todos os componentes da turma as próximas questões (E.11 e E.12).

E.11) Questionar o que segue aos grupos que escolheram a primeira corda (corda mais fina) e os que escolheram a última corda (corda mais grossa). Quais as frequências fundamentais obtidas para estes grupos?

Como fizemos um único grupo e medimos para a quarta corda (Ré), apenas repetimos os valores obtidos em E.5.

1ª corda: 331 Hz

6ª corda: 81 Hz

E.12) Qual é a relação matemática do Mi da corda mais fina para o Mi duas oitavas abaixo na corda mais grossa?

Aluno 1: 4 vezes a frequência.

Aluno 2: 4 vezes maior (o som é 4 vezes mais agudo).

Aluno 3: 4 vezes maior. A frequência da corda mais fina é 4 vezes maior do que a mais grossa.

Aluno 4: A razão entre a 1ª corda e a 6ª corda é 4 vezes maior.

Aluno 5: Então a corda mais fina é 4 vezes maior e a grossa.

Aluno 6: A frequência é 4 vezes maior na corda mais fina (2 oitavas = x4 dó até dó).

Aluno 7: 4 vezes maior. A frequência da corda mais fina é 4 vezes maior que a mais grossa.

Depois de responder à questão E.10 e conhecer a figura 25 referente às notas musicais que formam uma oitava, você já tem condições de relacionar as frequências estabelecidas em cada espaço entre um traste e outro com as notas musicais referentes a estes. Preencha o quadro 43 com as frequências já conhecidas em cada intervalo e na coluna abaixo preencha com as notas musicais referentes à cada frequência.

Quadro 43 - Intervalo entre os trastes

INTERVALO ENTRE TRASTES	Toda corda	1° e 2°	2° e 3°	3° e 4°	4° e 5°	5° e 6°	6° e 7°	7° e 8°	8° e 9°	9° e 10°	10° e 11°	11° e 12°	12° e 13°
FREQUÊNCIAS (Hz)	148	156	165	177	186	199	210	224	235	251	264	280	297
NOTA MUSICAL	Ré	Ré #	Mi	Fá	Fá #	Sol	Sol #	Lá	Lá #	Si	Dó	Dó #	Ré

Fonte: inspirado em Morini, 2009

Analise a mesma nota musical gerada por um violão e um diapasão que é um instrumento que serve para medir frequência. Observe os picos de intensidade de

frequência no software Spectrogram do violão e o diapasão para a mesma nota musical.

E.13) Um método tradicional de afinar um violão é utilizar um diapasão que emite a nota Lá na frequência de 440 Hz comparando com a nota emitida na 1ª corda ajustada na 5ª casa, pois quando afinada esta também deve emitir o som de frequência Lá igual a 440 Hz. Observando no *software Spectrogram* há alguma diferença entre os picos de frequência do violão para o diapasão? Pode-se dizer que o som emitido pelos dois é exatamente o mesmo?

Aluno 1: *A frequência era a mesma, mas os sons não eram exatamente iguais assim como os dados que apareciam no software.*

Aluno 2: *Sim, há diferença. Não é a mesma coisa. A nota era a mesma, mas as linhas do Spectrogram eram diferentes.*

Aluno 3: *Sim, há diferença. A frequência era a mesma, porém a imagem no software era diferente. O som não é exatamente o mesmo.*

Aluno 4: *Sim, há uma diferença. Não, eles tinham a mesma frequência, porém as imagens no software eram diferentes.*

Aluno 5: *A diferença é a frequência mais harmônicos diferentes.*

Aluno 6: *A frequência era a mesma, porém a imagem no software era diferente. O som não é exatamente o mesmo.*

Aluno 7: *Sim. Diapasão = 1 pico, corda = + de 1 pico. A frequência era a mesma, porém a imagem no software era diferente. O som não é exatamente o mesmo.*

Modifique a posição do toque mantendo a mesma corda pressionada no mesmo traste. Aproxime o toque da ponte onde a corda está presa. A mesma nota deve ser produzida.

E.14) Quando se modifica a posição do toque na mesma corda esta emite a mesma nota musical mas o som emitido não é exatamente o mesmo. O que gera esta diferença?

Aluno 1: *Aparecem mais harmônicos.*

Aluno 2: *É o harmônico fundamental (aparece mais harmônicos).*

Aluno 3: *Aparecem mais harmônicos.*

Aluno 4: *O que diferencia são os harmônicos diferentes.*

Aluno 5: *A diferença é frequência mais harmônicos diferentes.*

Aluno 6: *Aparecem mais harmônicos.*

Aluno 7: *Os harmônicos diferentes.*

Comparando uma flauta com o violão:

E.15) Observe o comportamento dos picos de frequência além da fundamental. Estes picos de frequências (na nota emitida pelo violão e da nota emitida pela flauta) tem os mesmos valores?

Aluno 1: *Não tem os mesmos valores mesmo com a mesma frequência fundamental sendo igual.*

Aluno 2: *Não tem os mesmos valores.*

Aluno 3: *Não tem os mesmos valores e os demais harmônicos são diferentes.*

Aluno 4: *Não tem os mesmos valores.*

Aluno 5: *Não, a frequência fundamental é a mesma, mas os demais harmônicos não são os mesmos.*

Aluno 6: *Não tem os mesmos valores. A frequência fundamental é igual, mas os outros harmônicos são diferentes.*

Aluno 7: *Não tem os mesmos valores e os demais harmônicos são diferentes. A frequência é a mesma.*

E.16) O som que você escuta quando a mesma nota é emitida é exatamente o mesmo? Se a resposta for negativa, o que faz com que sejam diferentes?

Aluno 1: *A diferença é o timbre.*

Aluno 2: *Não, faz diferença o timbre.*

Aluno 3: *Não, o timbre é diferente.*

Aluno 4: *Não, o timbre que cada instrumento possui e produz.*

Aluno 5: *Os harmônicos não são os mesmos.*

Aluno 6: *Não é o mesmo. O timbre é o que faz ser diferente.*

Aluno 7: *O timbre que diferencia o som.*

Discutir o problema inicial com todos os integrantes da sala de aula.

Com todas as análises e informações que obtiveram, vocês já tem condições de responder à problemática inicial:

“Quando se escuta uma música consegue-se identificar os diferentes instrumentos utilizados na execução da música, mesmo quando a nota tocada pelos diferentes instrumentos seja a mesma. O que faz com que o som de cada instrumento seja diferente? ”

Aluno 1: O timbre, que é a sobreposição dos harmônicos.

Aluno 2: Seu tamanho e seu material.

Aluno 3: O timbre, que é a superposição dos harmônicos.

Aluno 4: Não colocou resposta no questionário.

Aluno 5: O que causa o timbre é a soma dos harmônicos.

Aluno 6: O timbre, que é a superposição dos harmônicos.

Aluno 7: O timbre, que é a superposição dos harmônicos.

6. Resultados, considerações finais e a “espiral” de ensino

O que nos impressiona são as diferentes formas pelas quais os professores interagem com seus estudantes ao falar sobre os conteúdos científicos: em algumas salas, as palavras estão por toda a parte. Os professores fazem perguntas que levam os estudantes a pensar e os estudantes são capazes de articular suas ideias em palavras, apresentando pontos de vista diferentes. Em algumas ocasiões o professor lidera as discussões com toda a classe. Em outras, os estudantes trabalham em pequenos grupos e o professor desloca-se continuamente entre os grupos, ajudando os estudantes a progredirem nas tarefas. Em outras salas de aula, o professor faz uma série de questões e as respostas dos estudantes, na maioria das vezes, limitam-se a palavras aqui e acolá, preenchendo as lacunas no discurso do professor. Muitas vezes o professor é extremamente hábil nesse estilo de exposição, mas há muito pouco espaço para os estudantes fazerem e falarem algo, e muitos nunca abrem a boca. (Mortimer e Scott, 2002 p.284)

Este trabalho é apenas uma amostra de como variações nas classes de abordagem comunicativa – dialógica / de autoridade, interativa / não interativa ajudam o processo de significação e, conseqüentemente, a promover a construção de conhecimento. Enquanto os episódios de ensino se desenrolavam, não perdemos a oportunidade de fomentar o debate para **discutir** ideias (na intenção de desenvolver a “estória científica”, valorizando os conhecimentos prévios do aluno), **trabalhar** nos experimentos para filtrar aquelas ideias que são cientificamente aceitas para descrever os fenômenos naturais e **rever** esses conceitos, sintetizando os pontos chave para dar continuidade ao próximo episódio. Durante cada encontro, percebia-se claramente uma mudança progressiva para o discurso científico.

Como os episódios 1 e 2 embasavam conceitualmente o conteúdo de Ondas necessitavam de uma linguagem bastante específica para referenciar os elementos de uma onda; os discursos foram essencialmente de autoridade, variando de não interativo (exposição dos conceitos, sem a participação dos alunos na “criação” deles) a interativo, na resolução dos tradicionais problemas de vestibular. No final do episódio 1, enquanto o professor fazia uma espécie de glossário, contendo os conceitos de alongação, amplitude, período, frequência, comprimento de onda, cristas de vales, concordância e oposição de fase e velocidade de propagação das

ondas, surge uma breve interação entre aluno-professor (I -R – F – R – F – R), em uma abordagem interativa / dialógica, em que o professor considera o que o aluno entende por período no seu cotidiano, dando forma ao significado científico desta grandeza.

Em contrapartida, os episódios 3, 4, 5 e 6 tiveram uma participação efetiva dos alunos, interagindo entre si, com o professor e com os instrumentos musicais, sendo protagonistas daquele momento de ensino e construindo juntos suas percepções e concepções. Infelizmente, neste grupo, nenhum deles sabia tocar algum tipo de instrumento para tornar os episódios mais dialógicos.

Fazendo esta retomada de cada episódio e analisando o movimento entre as formas de abordagem comunicativa (relembramos o leitor no quadro 44 sobre o que aconteceu em cada episódio de ensino), criamos uma “espiral de ensino” (fig. 26), partindo dos conhecimentos prévios dos alunos e permeando entre os discursos até o ponto de vista científico. Segundo Mortimer e Scott (2002), espiral de ensino é uma maneira de relacionar a transformação progressiva do conteúdo do discurso (em direção à visão científica) com os ciclos de abordagem comunicativa.

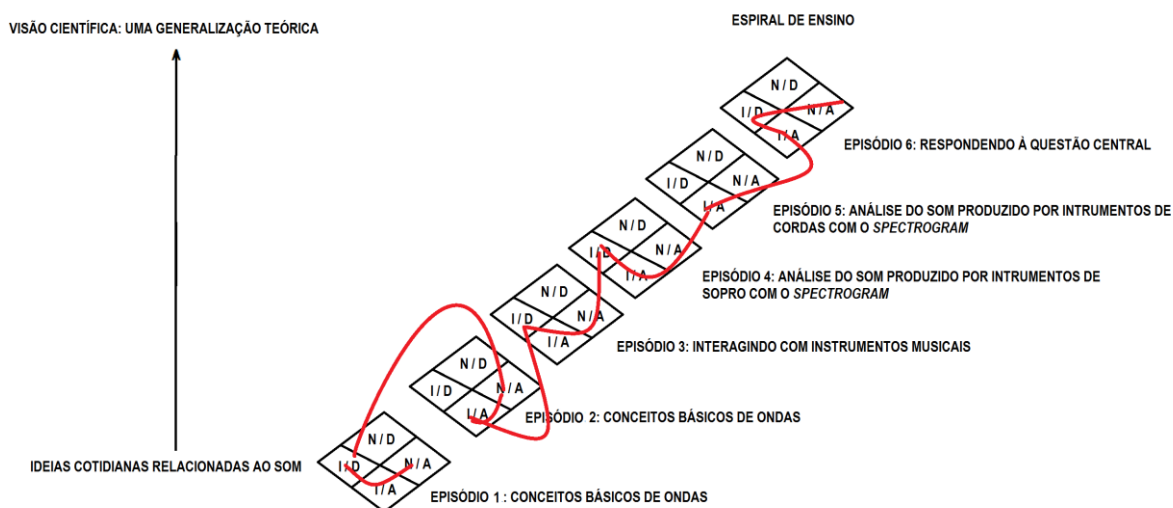
Quadro 44 – Ciclos de abordagem comunicativa em cada episódio de ensino

Episódio 1	<p><i>Parte 1: Abordagem <u>não-interativa / de autoridade</u>, expondo conceitos em alguns <i>slides</i> e fazendo demonstrações com um espiral de caderno;</i></p> <p><i>Parte 2: <u>Interativa / de autoridade</u>, por meio de perguntas aos alunos (questões de vestibular) referente as situações e conceitos apresentados, verificando o quanto foi aprendido.</i></p> <p><i>Parte 3: <u>Interativa / dialógica</u>, associando o conceito cotidiano de período ao conceito físico, aplicado aos movimentos oscilatórios.</i></p>
Episódio 2	<p><i>Parte 1: Abordagem <u>não-interativa / de autoridade</u>, expondo conceitos em alguns <i>slides</i>;</i></p> <p><i>Parte 2: <u>Interativa / de autoridade</u>, por meio de perguntas aos alunos referente as situações e conceitos apresentados e resolução de questões de vestibulares.</i></p>

Episódio 3	<p>Parte 1 - <u>Interativo / dialógico</u>, onde os alunos respondem o questionário a partir de seu ponto de vista (de P.1 a P.5.) e depois confrontam as suas respostas com os colegas (G.1 e G.2).</p> <p>Parte 2 (i) - <u>Interativo / de autoridade</u>, professor participa do debate, disponibilizando as ideias científicas.</p> <p>Parte 2(ii) - <u>Não-interativo / de autoridade</u>, apresentando uma evolução da “estória científica” nas respostas, associando os conceitos de frequência, comprimento de onda e amplitude às ondas sonoras às qualidades fisiológicas do som: altura e intensidade.</p>
Episódio 4	<p>Parte 1(i) - <u>Interativo / dialógico</u> (enquanto os alunos interagem com o apito, as garrafas e as flautas, respondendo de E.1 à E.4);</p> <p>Parte 1(ii) <u>Interativo / de autoridade</u>, usando o <i>software Spectrogram</i> para elucidar os conceitos de tubos sonoros, frequência fundamental e harmônicos.</p> <p>Parte 2 - <u>Não-interativo / de autoridade</u>, reforçando os conceitos de altura, frequência fundamental e harmônicos.</p>
Episódio 5	<p>Parte 1 - <u>Interativo / de autoridade</u>, com o uso da guitarra e do <i>software Spectrogram</i> para elucidar os conceitos de cordas vibrantes, frequência fundamental, harmônicos, intervalo dois sons, respondendo de E.5 à E.12).</p> <p>Parte 2 - <u>Não-interativo / de autoridade</u>, discursando que existe uma relação entre nota musical e frequência fundamental e na formação de acordes.</p>
Episódio 6	<p>Parte 1 - <u>Interativo / de autoridade</u> (enquanto comparam as frequências com as notas musicais).</p> <p>Parte 2 - <u>Interativo / dialógico</u> (enquanto comparam os sons produzidos pelo diapasão, pela guitarra, pelo cavaquinho, pelo apito, pelas garrafas e pelas flautas, respondendo de E.15 e E.16)</p> <p>Parte 3 - <u>Não-interativo / dialógico</u>, contrapondo as ideias iniciais às ideias científicas, e respondendo à questão central</p>

Fonte: adaptado de Mortimer & Scott, 2002

Figura 26 - Espiral de ensino: Construindo significados a partir de uma aula de acústica



Fonte: próprio autor

É partir da aplicação dos conhecimentos prévios dos alunos e da negociação de novos significados num espaço comunicativo, dialógico, é que se desenvolvem habilidades e competências que os tornam capazes de agir diante de situações novas e contextos diferenciados, fazendo a conversão de saberes cotidianos em saberes científicos, aplicando dentro ou fora da escola.

Apesar da importância fundamental das atividades e discursos dialógicos para que sejam produzidos significados pelos alunos, não podemos isentar o professor de sua responsabilidade de desenvolver a “estória científica”. É papel do professor intervir, introduzir novos conceitos e ideias, para a evolução da “estória científica”. Então, os discursos de autoridade são também importantes, pois a linguagem social da ciência é essencialmente de autoridade.

Explorando as ideias dos alunos e sabendo quando e como intervir é o que possibilitará que o professor construa significados com o grupo e processe a internalização. É nesta intenção que trouxemos essa ferramenta de análise e planejamento do ensino como reflexão para práticas do professor, chamando a atenção para a tríade *discutir / trabalhar / rever*.

Esperamos que nosso trabalho inspire professores a (re)pensar suas práticas quanto à responsabilidade do planejamento e à condução das aulas, fazendo mais perguntas e dando menos respostas. Reconhecemos que a nossa experiência didática foi bastante positiva, pois trouxe uma visão diferente da sala de aula, onde deixamos de ensinar por ensinar e colocamos o aluno também como protagonista,

valorizando o contexto em que está inserido em prol da “alfabetização científica” e do desenvolvimento de tecnologias para solucionar problemas da sociedade. Muitas vezes numa aula de ciências os estudantes se dispersam por não conseguirem identificar a relação entre aqueles conceitos tão abstratos e a realidade na qual estão inseridos. Por isso, buscar formas de aproximar o conhecimento científico do real contexto da sociedade torna-se cada vez mais importante.

Vale ressaltar que, depois de aplicarmos a proposta com esse pequeno grupo de nove alunos, realizamos as mesmas atividades com as duas turmas completas em sala de aula. No pequeno grupo, uma frustração: nenhum dos estudantes praticava algum instrumento musical (apenas o professor tinha algum conhecimento). No grande grupo, alguns possuíam intimidade com violão, por exemplo.

O leitor deve ter percebido que as respostas dos questionários aplicados e que foram reproduzidas nessa dissertação, por muitas vezes, foram repetitivas. A explicação para isso é que, como o grupo era reduzido, utilizamos apenas um computador, uma guitarra, um conjunto de garrafas e flautas e compartilhamos das mesmas informações, inclusive os valores numéricos obtidos no *Spectrogram*. Deixamos como sugestão para o professor que pretende aplicar este projeto que faça previamente um levantamento com a turma, descobrindo aqueles alunos que praticam violão ou algum outro instrumento musical. Assim, ele pode separar a turma em pequenos grupos, montar um *kit* para que cada grupo possa trabalhar e discutir suas respostas. Posteriormente, socializar com os demais colegas, buscando semelhanças e diferenças nas respostas.

Também salientamos a importância da interdisciplinaridade na realização deste trabalho. Enquanto as aulas de Física aconteciam, a professora de Biologia abordou a anatomia do ouvido humano e a fisiologia da audição. Numa próxima oportunidade de aplicação, cogitamos convidar o professor de música da escola para participar dos encontros, enriquecendo ainda mais o projeto.

7. Relatos e opiniões dos alunos

No final do questionário referente aos episódios 5 e 6, solicitei aos alunos que deixassem um parecer sobre os encontros realizados:

Deixe aqui um relato sobre a sua participação nestes episódios de ensino. Você acha que foram encontros proveitosos? Você tem alguma sugestão para uma nova aplicação deste projeto?

Aluno 1: *Os encontros foram muito proveitosos, pois eles nos ajudaram a entender de forma prática como ondas sonoras são emitidas.*

Aluno 2: *Eu adorei o projeto. Aprendi muito com ele.*

Aluno 3: *Sim, os encontros foram proveitosos. Em minha opinião, é melhor trabalhar em um grupo menor, pois assim, posso aprender mais rápido. A aula rende mais.*

Aluno 4: *Minha participação nestes episódios foi importante assim como a de todos, achei que os encontros foram muito proveitosos e, se precisasse, eu ajudaria novamente. Não tenho nenhuma sugestão para nova aplicação, deste projeto, pois estava muito bom e consegui entender tudo o que foi explicado.*

Aluno 5: *Sim, foram encontros proveitosos. É melhor sem toda a turma.*

Aluno 6: *Acho que foram encontros muito proveitosos. Foi bem interessante e pude aprender muito. Acredito que trabalhar em um pequeno grupo fez com que aprendessemos melhor e a aula rendesse mais.*

Aluno 7: *Sim. Foram proveitosos, onde realizamos práticas que ampliaram o conhecimento do grupo. O fato de fazermos em um grupo menor os episódios aumentou a atenção à aula e a organização.*

8. REFERÊNCIAS

AULER, D., Alfabetização científico-tecnológica: um novo paradigma? **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**. vol. 5, n. 1, mar 2003.

BRASIL, Ministério da Educação. **Matriz de Referência ENEM**. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2009.

BRASIL, Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular** 3ª versão. Brasília, DF: MEC, 2017. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf>. Acesso em 17 ago 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, p. 22-29, Brasília, 2000. <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em 11 mar. 2015.

CATELLI, F. ; MUSSATO, G. A. As frequências naturais de uma corda de instrumento musical a partir de seus parâmetros geométricos e físicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.36, n.2, 2304, 2014a.

CATELLI, F. ; MUSSATO, G. A. Tensão, calibre e frequência das cordas de instrumentos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.36, n.1, 1306, 2014b.

COELHO, S. M.; MACHADO, G. R. Acústica e música: uma abordagem metodológica para explorar sons emitidos por tubos sonoros. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.32, n.1, p. 207-222, abr. 2015.

DONOSO, J. P.; TANNUS; ALBERTO; GUIMARÃES; F; FREITAS, T. C. A física do violino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n.2, 2305, 2008.

GOTO, M. Física e música em consonância. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.31, n.2, 2307, 2009.

JUNIOR, P. L.; RODRIGUES, L. G. P.; SILVA, M. T. X. Sobre a não-linearidade de fenômenos acústicos e o funcionamento da flauta transversa: uma incursão pela acústica musical. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**; v. 29, n.1, 2012.

KANDUS, A.; GUTMANN, F. W.; CASTILHO, C. M. C. A física das oscilações mecânicas em instrumentos musicais: Exemplo do berimbau. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.28, n.4, p.427-433, 2006.

LAGO, B. L. A guitarra como um instrumento para o ensino de física ondulatória. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n.1, 1504, 2015.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2014.

MOREIRA, M. A., e OSTERMAN, F. **Série Textos de Apoio ao Professor de Física**, nº10, 1999.

MORINI, L. B. M., **Atividades experimentais de Física à luz da epistemologia de Laudan: ondas mecânicas no ensino médio**. 2009 133 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação) – Mestrado em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2009.

MORTIMER, E.F., SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.7, n.3, p.283-306, 2002.

OLIVEIRA, V.S. **Construindo significados em uma aula de Física: uma análise de interações discursivas sobre condutores e isolantes**. 2017. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação) – Curso de Especialização em Física para a Educação Básica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Aberta do Brasil, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2017.

PEREIRA, A. P.; LIMA JUNIOR, P. Implicações da perspectiva de Wertsch para a interpretação da teoria de Vygotsky no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.31, n.3, p.518-535, dez.2014.

SANTOS, E. M.; MOLINA, C.; TUFFAILE, A. P. B. Violão e guitarra como ferramentas para o ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.35, n.2, 2507, 2013.

SANTOS, W. L. P; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**. vol. 2, n. 2, dez 2002.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica. Uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, V16(1), pp. 59-77, 2011

SILVA, T. T. da, **Documentos de identidade: Uma introdução às teorias do currículo**. 3ª ed. 1. reimp. Belo Horizonte: Autêntica, 2010.

UMBRASIL. **Matrizes curriculares de educação básica do Brasil Marista: área de ciências da natureza e suas tecnologias**. Curitiba: PUCPR, 2016.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

APÊNDICE A – Power Points utilizados nos episódios 1 e 2

PRINCIPAL CARACTERÍSTICA DAS ONDAS

Uma onda transporta ENERGIA e QUANTIDADE DE MOVIMENTO de um ponto a outro SEM O TRANSPORTE DE MATÉRIA.



CLASSIFICAÇÃO DAS ONDAS

* Quanto a direção de propagação as ondas são classificadas como:

UNIDIMENSIONAIS: é a propagação da onda que acontece sobre uma linha.
Ex.: ondas em cordas.

BIDIMENSIONAIS: é a propagação da onda que acontece sobre uma superfície, podendo ser RETAS ou CIRCULARES.
Ex.: ondas na superfície de um lago.

TRIDIMENSIONAIS: é a propagação de onda que acontece sobre todo o espaço tridimensional, podendo ser PLANAS ou ESFÉRICAS.
Ex.: ondas sonora e luminosa.

CLASSIFICAÇÃO DAS ONDAS

* Quanto a direção da vibração as ondas são classificadas como:

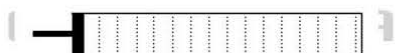
TRANSVERSAIS: a direção de vibração é PERPENDICULAR à direção de propagação da onda.

Ex: onda em uma corda.



LONGITUDINAIS: a direção de vibração é a paralela a direção de propagação da onda.

Ex: ondas em líquidos e gases.



(UFRGS - 1994) Selecione a alternativa que, pela ordem, preenche corretamente as lacunas:

Uma onda transporta de um ponto a outro do espaço.
No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas possuem mesma
As ondas sonoras propagam-se em uma direção à direção das vibrações do meio.

- (A) energia – frequência – paralela
- (B) matéria – velocidade – perpendicular
- (C) energia – amplitude – perpendicular
- (D) matéria – intensidade – paralela
- (E) energia – velocidade – paralela

CLASSIFICAÇÃO DAS ONDAS

* Quanto a natureza as ondas são classificadas como:

MECÂNICAS: produzidas pela deformação de um meio. Transportam vibrações mecânicas. Estas ondas **NECESSITAM** de um meio material para sua propagação.

ELETROMAGNÉTICAS: produzidas por cargas elétricas aceleradas, transportando energia sob a forma de *quanta* ("pacotes de energia"). Estas ondas **NÃO NECESSITAM** de um meio material para sua propagação, fazendo-o até mesmo no vácuo, onde todas as ondas eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade: 300.000 km/s.

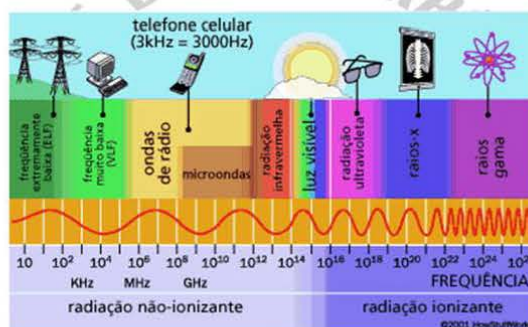
(UFSM 2001) NÃO é exemplo de onda eletromagnética:

- (A) micro-ondas.
- (B) radiação infravermelha.
- (C) radiação ultravioleta.
- (D) raios x.
- (E) ultrassom.

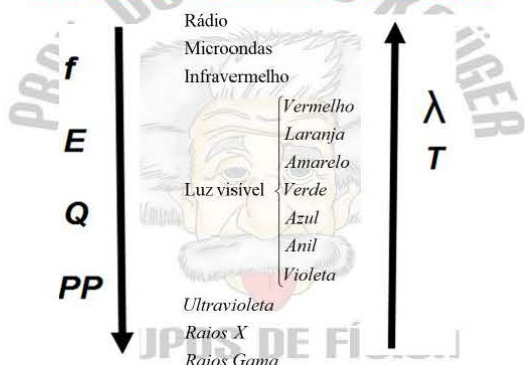
(UFMG 98) O som é um exemplo de uma onda longitudinal. Uma onda produzida numa corda esticada é um exemplo de um onda transversal.
O que difere ondas mecânicas longitudinais de ondas mecânicas transversais é

- (A) a direção de vibração do meio de propagação.
- (B) a direção de propagação.
- (C) o comprimento de onda.
- (D) a frequência.

ONDAS ELETROMAGNÉTICAS



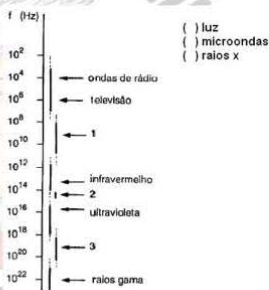
ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO



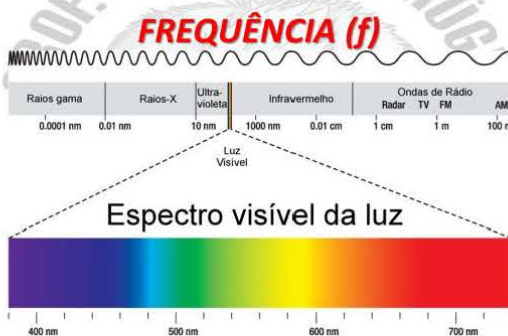
(UFRGS – 1993) Associe cada radiação eletromagnética (coluna da direita) com o seu intervalo de frequência f , representado no espectro eletromagnético (coluna da esquerda).

A relação numérica, de cima para baixo, da coluna da direita, que estabelece a sequência de associações corretas é

- (A) 1 – 2 – 3
- (B) 1 – 3 – 2
- (C) 1 – 1 – 3
- (D) 2 – 3 – 1
- (E) 3 – 2 – 1



Uma onda periódica é uma sucessão de pulsos iguais.



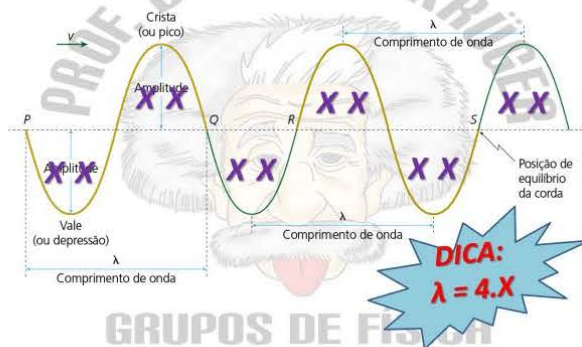
(UFRGS – 1992) Em qual das alternativas as radiações eletromagnéticas estão citadas na ordem crescente da energia do fóton associado às ondas?

- (A) raios gama, luz visível, micro-ondas
- (B) raios gama, micro-ondas, luz visível
- (C) luz visível, micro-ondas, raios gama
- (D) micro-ondas, luz visível, raios gama
- (E) micro-ondas, raios gama, luz visível

(UFPE 2002) Analise as afirmativas a seguir relativas a diferentes ondas eletromagnéticas e indique qual é a correta.

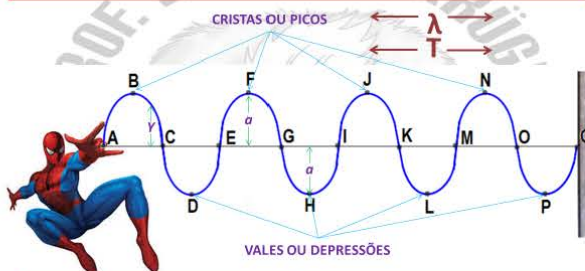
- (A) No vácuo, a radiação ultravioleta propaga-se com velocidade maior do que as micro-ondas.
- (B) No vácuo, a velocidade dos raios X é menor que a velocidade da luz azul.
- (C) As ondas de rádio têm frequências maiores que a luz visível.
- (D) Os raios X e raios gama têm frequências menores que a luz visível.
- (E) A frequência da radiação infravermelha é menor que a frequência da luz verde.

COMPRIENTO DE ONDA (λ)



CONCORDÂNCIA DE FASE: dois pontos estão em concordância de fase quando têm sempre o mesmo sentido de movimento.

Quais pontos estão em concordância de fase com A, B, C e D?



OPOSIÇÃO DE FASE: dois pontos estão em oposição de fase quando têm sempre sentidos opostos de movimento.

Quais pontos estão em oposição de fase com A, B, C e D?

ELONGAÇÃO (y): valor algébrico da ordenada do ponto oscilante da corda.

AMPLITUDE (a): maior valor da elongação, relacionada com a energia transportada pela onda.

CRISTAS E VALES: os pontos B, F, J e N são denominados cristas, enquanto que os pontos D, H, L e P são denominados vales.

PERÍODO (T): tempo de uma oscilação completa de qualquer ponto da corda.

FREQUÊNCIA (f): número de oscilações executadas por qualquer ponto da corda em um intervalo de tempo igual a 1 segundo.

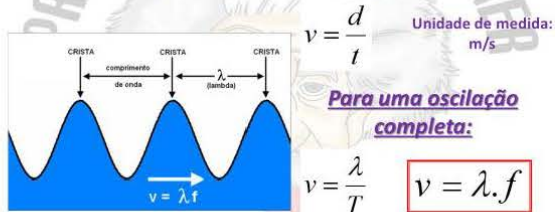
CONCORDÂNCIA DE FASE: dois pontos estão em concordância de fase quando têm sempre o mesmo sentido de movimento.

OPOSIÇÃO DE FASE: dois pontos estão em oposição de fase quando têm sempre sentidos opostos de movimento.

COMPRIENTO DE ONDA: é a menor distância entre dois pontos que vibram em concordância de fase.

VELOCIDADE (v)

Velocidade (V): é a razão entre o comprimento da onda em o intervalo de tempo.



$$v = \frac{d}{t} \quad \text{Unidade de medida: m/s}$$

Para uma oscilação completa:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \boxed{v = \lambda \cdot f}$$

Equação Fundamental

(UNIRIO 98) Qual a frequência do som, em Hz, cuja onda tem 2,0m de comprimento e se propaga com uma velocidade de 340m/s?

- (A) 340 Hz
- (B) 680 Hz
- (C) 170Hz
- (D) 510 Hz
- (E) 100Hz

(Mackenzie-SP) Com relação ao movimento ondulatório, podemos afirmar que:

- (A) a velocidade de propagação da onda não depende do meio de propagação.
- (B) a onda mecânica, ao se propagar, carrega consigo as partículas do meio.
- (C) o comprimento de onda não se altera quando a onda muda de meio.
- (D) a frequência da onda não se altera quando a onda muda de meio.
- (E) as ondas eletromagnéticas somente se propagam no vácuo.

(UEL 95) Uma onda periódica transversal se propaga numa mola, onde cada ponto executa uma oscilação completa a cada 0,20s. Sabendo-se que a distância entre duas cristas consecutivas é 30cm, pode-se concluir que a velocidade de propagação dessa onda é, em m/s, igual a

- (A) 0,15
- (B) 0,60
- (C) 1,5
- (D) 3,0
- (E) 6,0

INSTRUÇÃO: Para responder à próxima questão, analise a figura abaixo, que mostra uma corda presa nas duas extremidades, vibrando de modo a produzir três meios comprimentos de onda ($\lambda/2$), na extensão de 1,2 m.

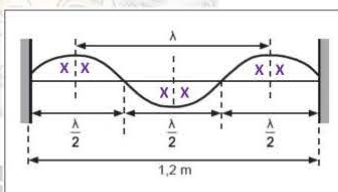
(PUC – 2014 / Inverno) Admitindo que, durante a vibração da corda, é originada a onda estacionária representada na figura, cujos ventres oscilam 120 vezes por segundo, é possível afirmar que a velocidade de propagação dos pulsos, na corda, é igual a

- (A) 30 m/s $1,2 \text{ m} - 6 \cdot x$
- (B) 84 m/s $\lambda - 4 \cdot x$
- (C) 96 m/s $\lambda = 0,8 \text{ m}$
- (D) 110 m/s
- (E) 120 m/s

$$v = f \cdot \lambda$$

$$v = 120 \cdot 0,8$$

$$v = 96 \text{ m/s}$$



INSTRUÇÃO: As próximas duas questões referem-se ao enunciado seguinte.

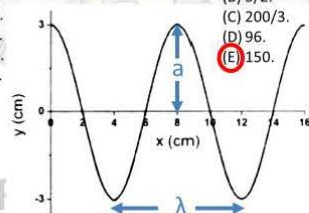
Uma onda transversal propaga-se com velocidade de 12 m/s numa corda tensionada. O gráfico abaixo representa a configuração desta onda na corda, num dado instante de tempo.

(UFRGS - 2013) O comprimento de onda e a amplitude desta onda transversal são, respectivamente,

- (A) 4 cm e 3 cm.
- (B) 4 cm e 6 cm.
- (C) 6 cm e 3 cm.
- (D) 5 cm e 3 cm.
- (E) 8 cm e 6 cm.

(UFRGS - 2013) A frequência da onda, em Hz, é igual a

- (A) 2/3.
- (B) 3/2.
- (C) 200/3.
- (D) 96.
- (E) 150.



CUIDADO!
 λ em metro!

$$v = f \cdot \lambda$$

$$12 = f \cdot 0,08$$

$$f = \frac{12}{0,08}$$

$$f = 150 \text{ Hz}$$

(UFPI) Determinada emissora de rádio transmite na frequência de 6,1 megahertz ($6,1 \text{ MHz} = 6,1 \cdot 10^6 \text{ Hz}$). A velocidade da luz no ar é $3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Para sintonizar essa emissora necessitamos de um receptor de ondas curtas que opere na faixa de:

- (A) 13 m.
- (B) 19 m.
- (C) 25 m.
- (D) 31 m.
- (E) 49 m.

APÊNDICE B – Questionários guia para os episódios 3 e 4

EPISÓDIO 3

NOTAS MUSICAIS E TIMBRE EM INSTRUMENTOS MUSICAIS

(Material extraído de Morini, 2009. P. 98 – 105)

Quando se escuta uma música, consegue-se identificar os diferentes instrumentos utilizados na execução da música, mesmo quando a nota tocada

pelos diferentes instrumentos é a mesma. O que faz com que o som de cada instrumento seja diferente?

Para chegar à resposta desta questão, você vai inicialmente responder questões mais simples e realizar as atividades propostas para então ao final retornar a esta.

Responda individualmente as cinco primeiras questões.

P.1) Quando se escuta um coral cantando, percebe-se que há pessoas que tem uma voz mais grave e outras com voz mais aguda. Qual a diferença entre um som grave e um agudo?

P.2) Por que motivo o músico quando toca um violão altera a posição do dedo que pressiona uma das cordas no braço do violão? O que ocorre com o som emitido pela corda à medida que há um encurtamento na parte da corda vibrante?

P.3) Quais são as notas musicais conhecidas? O que faz com que as notas musicais sejam diferentes?

P.4) Quando o volume sonoro de um aparelho de som é intensificado, o que ocorre com a altura do som?

P.5) Em garrafas de diferentes comprimentos, quando se sopra paralelamente à boca da garrafa se percebe que há sons emitidos. O que acontece com os sons produzidos com garrafas de diferentes comprimentos?

As questões G1 e G2 devem ser discutidas em grupos.

G.1) As respostas das questões anteriores que você considera como corretas devem ser expostas aos membros do grupo. Discuta com seu grupo sobre suas previsões. As suas respostas estão de acordo com a de seus colegas?

Vocês devem discutir as previsões de cada componente e confrontar umas com as outras.

G.2) O grupo pode chegar a uma ideia final para cada questão anterior. Qual seria esta ideia em relação às cinco questões anteriores?

EPISÓDIO 4

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

A atividade experimental consiste em:

- gerar ondas sonoras dentro de garrafas de diferentes tamanhos e observar as frequências fundamentais;
- _ utilizar um violão para analisar e discutir as diferentes notas musicais geradas usando como recurso o *software Spectrogram*;
- _ usar um diapásão de frequência igual ao da nota Lá e comparar com a mesma frequência fundamental da nota Lá do violão analisando semelhanças e diferenças.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Pegue garrafas de vidro de diferentes tamanhos e sopre pronunciando a palavra tu de tal forma que a corrente de ar que sai de sua boca esteja aproximadamente perpendicular à boca das garrafas. Utilize o microfone e o software Spectrogram para anotar a frequência fundamental produzida em cada garrafa.

Questões devem ser discutidas em grupo.

E.1) Qual a diferença do som obtido com maior garrafa em relação à menor?

E.2) Observando no *software Spectrogram*, o que diferencia os sons obtidos de diferentes garrafas quanto às suas frequências?

E.3) Qual é a relação entre o comprimento das garrafas e a distância entre os orifícios os quais vão sendo abertos em direção ao bocal de uma flauta?

E.4) Dentro de qualquer tubo (seja em garrafas de diferentes comprimentos, em uma flauta ou tubos de ensaio) o que ocorre com a frequência do som emitido à medida que o comprimento da coluna de ar é reduzida?

APÊNDICE C – Questionários guia para os episódios 5 e 6

EPISÓDIO 5

E.5) Os violões possuem seis cordas. Quais os valores das frequências fundamentais obtidas em cada corda (inicie da mais fina para a mais grossa)? Anote no quadro 45 os resultados obtidos.

Quadro 45 - Frequências fundamentais das cordas de uma guitarra

CORDAS	1ª corda	2ª corda	3ª corda	4ª corda	5ª corda	6ª corda
FREQUÊNCIAS (Hz)						

Fonte: Morini, 2009

E.6) Qual a dependência entre a espessura da corda e a frequência obtida?

Utilize o software Spectrogram para observar o que ocorre com a frequência quando, em uma mesma corda, for alterada a posição do dedo que a pressiona, encurtando o segmento vibrante.

E.7) O que ocorre com o valor da frequência a medida que o segmento vibrante vai sendo reduzido?

Escolha uma corda do violão entre a primeira (mais fina) e a sexta (mais grossa). No braço do violão existem traços transversais ao braço, que são chamados de trastes. Para a corda escolhida, posicione o dedo indicador em cada espaço entre um traste e outro em doze intervalos seguidos. Anote os valores no quadro 46.

Quadro 46 - medindo as frequências em cada traste de uma das cordas da guitarra

INTERVALO ENTRE TRASTES	Toda corda	1° e 2°	2° e 3°	3° e 4°	4° e 5°	5° e 6°	6° e 7°	7° e 8°	8° e 9°	9° e 10°	10° e 11°	11° e 12°	12° e 13°
FREQUÊNCIAS (Hz)	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}

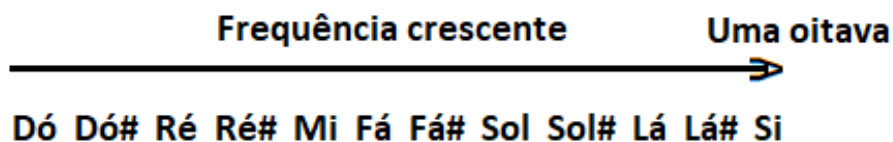
Fonte: Morini, 2009

E.8) Qual é a corda escolhida?

A escala musical é uma sucessão de tons e semitons até completar uma oitava, iniciando-se e finalizando-se na mesma nota.

Observe uma das sequências possíveis completando uma oitava na figura 27.

Figura 27 - Notas musicais que compreendem uma oitava



Fonte: adaptado de Morini, 2009

Resolva a razão entre as frequências de trastes seguidos e preencha o quadro 47:

Quadro 47 - Razão entre as frequências (f_{n+1}/f_n) para uma corda da guitarra

Razão entre as frequências	f_2/f_1	f_3/f_2	f_4/f_3	f_5/f_4	f_6/f_5	f_7/f_6	f_8/f_7	f_9/f_8	f_{10}/f_9	f_{11}/f_{10}	f_{12}/f_{11}	f_{13}/f_{12}
Resultado obtido												

Fonte: Morini, 2009

E.9) Há alguma relação entre cada uma das razões de frequências dos intervalos entre trastes calculada na tabela anterior?

E.10) As frequências fundamentais obtidas em cada corda solta da mais fina para a mais grossa ou seja de maior para menor frequência são respectivamente o Mi, Si,

Sol, Ré, Lá, Mi (sendo que esta está a duas oitavas abaixo do 1° Mi). Qual foi a nota obtida na corda solta que o grupo escolheu?

Discuta com todos os componentes da turma as próximas questões (E.11 e E.12).

E.11) Questionar o que segue aos grupos que escolheram a primeira corda (corda mais fina) e os que escolheram a última corda (corda mais grossa). Quais as frequências fundamentais obtidas para estes grupos?

E.12) Qual é a relação matemática do Mi da corda mais fina para o Mi duas oitavas abaixo na corda mais grossa?

EPISÓDIO 6

Depois de responder à questão E.10 e conhecer a figura 27 referente às notas musicais que formam uma oitava, você já tem condições de relacionar as frequências estabelecidas em cada espaço entre um traste e outro com as notas musicais referentes a estes. Preencha o quadro 48 com as frequências já conhecidas em cada intervalo e na coluna abaixo preencha com as notas musicais referentes à cada frequência.

Quadro 48 - Intervalo entre os trastes

INTERVALO ENTRE TRASTES	FREQUÊNCIAS (Hz)	NOTA MUSICAL
Toda corda		
1° e 2°		
2° e 3°		
3° e 4°		
4° e 5°		
5° e 6°		
6° e 7°		
7° e 8°		
8° e 9°		
9° e 10°		
10° e 11°		
11° e 12°		
12° e 13°		

Fonte: Morini, 2009:

Analise a mesma nota musical gerada por um violão e um diapásão que é um instrumento que serve para medir frequência. Observe os picos de intensidade de frequência no software Spectrogram do violão e o diapásão para a mesma nota musical.

E.13) Um método tradicional de afinar um violão é utilizar um diapásão que emite a nota Lá na frequência de 440 Hz comparando com a nota emitida na 1ª corda ajustada na 5ª casa, pois quando afinada esta também deve emitir o som de frequência Lá igual a 440 Hz. Observando no software Spectrogram há alguma diferença entre os picos de frequência do violão para o diapásão? Pode-se dizer que o som emitido pelos dois é exatamente o mesmo?

Modifique a posição do toque mantendo a mesma corda pressionada no mesmo traste. Aproxime o toque da ponte onde a corda está presa. A mesma nota deve ser produzida.

E.14) Quando se modifica a posição do toque na mesma corda esta emite a mesma nota musical, mas o som emitido não é exatamente o mesmo. O que gera esta diferença?

Comparando uma flauta doce com o violão:

E.15) Observe o comportamento dos picos de frequência além da fundamental. Estes picos de frequências (na nota emitida pelo violão e da nota emitida pela flauta) tem os mesmos valores?

E.16) O som que você escuta quando a mesma nota é emitida é exatamente o mesmo? Se a resposta for negativa, o que faz com que sejam diferentes?

Discutir o problema inicial com todos os integrantes da sala de aula.

Com todas as análises e informações que obtiveram, vocês já tem condições de responder à problemática inicial: ***“Quando se escuta uma música consegue-se identificar os diferentes instrumentos utilizados na execução da música, mesmo quando a nota tocada pelos diferentes instrumentos seja a mesma. O que faz com que o som de cada instrumento seja diferente?”***

Deixe aqui um relato sobre sua participação nestes episódios de ensino. Você acha que foram encontros proveitosos? Você tem alguma sugestão para uma nova aplicação deste projeto?

Muito obrigado pela participação!

APÊNDICE D - AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DIVULGAÇÃO DE NOME

Eu, _____
 _____ (mãe), RG nº _____, CPF nº _____,
 _____, residente e domiciliado à
 _____,
 bairro: _____, cidade: _____,
 UF: _____, e _____ (pai),
 RG nº _____, CPF
 nº _____, residente e domiciliado à
 _____, bairro: _____,
 cidade: _____, UF: _____, na qualidade de pais e
 representantes legais, autorizamos a utilização da imagem, fotos e vídeos, e a
 divulgação do nome do meu (minha) filho(a),

para o Trabalho de Conclusão do Prof. Douglas Krüger da Silva, RG 8118918443 (SSP-RS), referente ao seu Mestrado Profissional em Ensino de Física, oferecido pela UFRGS (durante as aulas de Ciências - Física no Colégio Marista Pio XII, o professor filmará as percepções dos estudantes durante o trabalho desenvolvido e, posteriormente, fará a transcrição dos diferentes discursos ocorridos na sala de aula para analisar maneiras através das quais interagiu com os alunos para promover a construção do significado no plano social das aulas).

Declaramos ciência de que as informações coletadas a partir dessa pesquisa poderão ser utilizadas para fins acadêmicos (e.g., em dissertações de mestrado, teses de doutorado, artigos científicos, palestras, seminários, etc.). Autorizamos, também, para fins de divulgação dos trabalhos acadêmicos produzidos, as fotos e filmagens obtidas durante a participação do(a) estudante na disciplina. Ao mesmo tempo, liberamos a utilização destas fotos e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (e.g., livros, artigos, slides), em favor do Pesquisador Coordenador. Estamos cientes de que podemos cancelar a participação do(a) nosso(a) filho(a) na pesquisa a qualquer momento, bastando apenas informar nossa vontade ao pesquisador. A colaboração do estudante terá início quando este documento for entregue ao professor devidamente assinado. Também fomos informados de que, por esta autorização, assim como pelo uso e veiculação do material, não haverá remuneração alguma, que cedemos de forma gratuita, ou seja, dispensamos quaisquer remuneração a nós e ao(à) nosso(a) filho(a), nada podendo reclamar neste sentido.

_____, _____ de _____ de _____.

Assinaturas