

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

Sabrina Skrebsky Richter

**SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA UMA ABORDAGEM
FENOMENOLÓGICA DA ONDULATÓRIA EM UMA PERSPECTIVA
DE SALA DE AULA INVERTIDA**

Santa Maria, RS, Brasil

2017

Sabrina Skrebsky Richter

**SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA UMA ABORDAGEM
FENOMENOLÓGICA DA ONDULATÓRIA EM UMA PERSPECTIVA DE SALA DE
AULA INVERTIDA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do título de **Doutor em Educação em Ciências**.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Andreas Sauerwein

Santa Maria, RS

2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Richter, Sabrina Skrebsky
SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA UMA ABORDAGEM
FENOMENOLÓGICA DA ONDULATÓRIA EM UMA PERSPECTIVA DE SALA
DE AULA INVERTIDA / Sabrina Skrebsky Richter.- 2017.
182 p. ; 30 cm

Orientador: Ricardo Andreas Sauerwein
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e
Saúde, RS, 2017

1. Ensino de Física 2. Oscilações e Ondulatória 3.
Simulações computacionais 4. Sala de aula invertida 5.
Ensino de ciências I. Andreas Sauerwein, Ricardo II.
Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde**

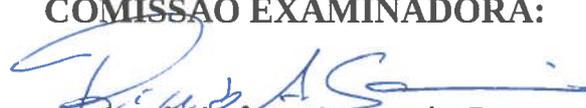
**A comissão examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado**

**SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA UMA ABORDAGEM
FENOMENOLÓGICA DA ONDULATÓRIA EM UMA PERSPECTIVA DE
SALA DE AULA INVERTIDA**

elaborada por
Sabrina Skrebsky Richter

como requisito para obtenção do grau de
Doutora em Educação em Ciências

COMISSÃO EXAMINADORA:


Ricardo Andreas Sauerwein, Dr.
(Presidente/Orientador)


Ana Marli Bulegon, Dra. (UNIFRA)


André Ary Leonel, Dr. (UFSC)


Cláudia Smaniotto Barin, Dra. (UFSM)


Leila Maria Araújo Santos, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 31 de Agosto de 2017.

AGRADECIMENTOS

À Deus,

pois na Tua palavra encontro a força que preciso para continuar caminhando!

Ao professor Ricardo, meu estimado orientador,

agradeço pela paciência, pela partilha de conhecimento, pelas orientações e por sempre me mostrar o melhor caminho. Se hoje comemoro esta conquista foi graças a sua contribuição, atenção e dedicação. Muito obrigada por tudo professor Ricardo! “Se fui capaz de ver mais longe foi porque estive apoiada em ombros de gigantes” (Isaac Newton)

Ao professor André,

pelas contribuições na escrita e dedicação na leitura deste trabalho. Suas contribuições certamente foram essenciais para a concretização deste sonho e o engrandecimento do trabalho.

Às professoras Cláudia, Ana Marli e Leila,

pelas excelentes sugestões e por dedicar tempo e atenção na leitura. Agradeço o profissionalismo, competência e responsabilidade que demonstraram em suas contribuições para a realização deste trabalho.

Ao Daniel,

pelo amor e carinho, pela força diária que eu precisei ao longo desta caminhada. Agradeço a paciência nos momentos difíceis e por seguir ao meu lado, me apoiando em cada passo. Esta vitória é nossa!

Ao Guilherme,

por todo dia sorrir ao me encontrar, por aliviar a pressão diária com sua leveza de criança, por existir na minha vida e ser este “serzinho” de luz.

Ao meu pai João Luiz,

que sempre acreditou e torceu muito para que este sonho se realizasse. Esta conquista também é tua!

A minha mãe Carina e ao Álvaro,
por nunca duvidarem da minha capacidade e vibrarem com cada conquista minha como se fossem suas próprias. Hoje eu digo: “Nós conseguimos!” Muito obrigada por estarem comigo.

A minha avó Sônia,
por estar comigo em cada vitória e em cada derrota, por nunca me abandonar e por acreditar sempre em mim e na minha capacidade, por me apoiar em cada passo e nunca medir esforços para me ver bem e feliz. Por me mostrar a cada dia seu infinito amor eu te agradeço.

Ao meu avô João (in memoriam),
tenho certeza que ele está me aplaudindo lá de cima. Obrigada vô por me proporcionar condições para chegar até aqui.

Aos meus irmão Angélica e Leonardo,
pelo carinho e pelo compartilhamento dos melhores momentos da minha vida. Esta conquista é para nós! Eu amo vocês!

Aos colegas e amigos do grupo MPEAC,
pelas conversas, pelo apoio e pela partilha de conhecimentos.

Aos estudantes que participaram do curso,
obrigada pela dedicação e participação de cada um de vocês.

À Universidade Federal de Santa Maria,
por ser uma universidade pública, gratuita e de qualidade. Onde vivi onze anos da minha vida e conheci muitas pessoas maravilhosas.

“Obrigada a todas as pessoas que contribuíram para meu sucesso e para meu crescimento como pessoa. Sou o resultado da confiança e da força de cada um de vocês”. (Augusto Branco)

Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos.

ISAAC NEWTON

RESUMO

Defesa de Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria

SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA UMA ABORDAGEM FENOMENOLÓGICA DA ONDULATÓRIA EM UMA PERSPECTIVA DE SALA DE AULA INVERTIDA

AUTOR: SABRINA SKREBSKY RICHTER

ORIENTADOR: RICARDO ANDREAS SAUERWEIN

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 31 de agosto, 2017.

Neste trabalho, elaboramos, implementamos e avaliamos um conjunto de quatorze atividades didáticas (AD) baseadas em Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), propondo problemas abertos, na perspectiva da sala de aula invertida. As AD buscam incentivar os estudantes a relacionar as grandezas e conceitos estudados em sala de aula com os fenômenos observados em seu cotidiano e abordam praticamente todo o conteúdo programático de Oscilações e Ondas do Ensino Médio (EM). As AD estão disponibilizadas em formato eletrônico em um ambiente próprio acessado pela Internet e são planejadas para que seja possível seu uso em uma metodologia de sala de aula invertida. A estrutura básica das AD é constituída por um texto introdutório, seguido por simulações, vídeos ou animações que representam fenômenos específicos e um conjunto de questões ou problemas propostos aos alunos. Em um esquema de sala de aula invertida, os alunos são convidados a responder as questões propostas antes da aula presencial. Esta é reservada para discussões, esclarecimentos de dúvidas e síntese dos assuntos abordados. De forma geral, percebemos que a metodologia da sala de aula invertida é uma estratégia didática que é muito bem recebida pelos estudantes. Em particular, verificamos que (1) o curso proposto pode ser uma solução para situações em que a carga didática é insuficiente para cobrir todos os tópicos do programa e (2) a sala de aula invertida é uma estratégia com potencial de estimular a participação e desenvolver autonomia dos estudantes. O conjunto de AD foi implementado e avaliado em duas turmas da Segunda Série do EM. Os resultados apontam para a exequibilidade desta proposta como um curso introdutório de um semestre letivo sobre a temática abordada.

Palavras-chave: Oscilações e Ondulatória. Sala de aula invertida. Simulação computacional. Fenômenos e grandezas. Atividades didáticas.

ABSTRACT

Master's Degree Thesis
Graduate Program in Science Education:
Chemistry of Life and Health
Federal University of Santa Maria

INNOVATIVE TEACHING ACTIVITIES OF THERMODYNAMICS BASED ON PROBLEM SOLVING AND ICT

AUTHOR: SABRINA SKREBSKY RICHTER

ADVISOR: RICARDO ANDREAS SAUERWEIN

Date and Place of Defense: Santa Maria (August, 31) 2017.

In this work, we elaborate, implement and evaluate a set of four didactic activities (AD) based on Information and Communication Technologies (ICT), proposing open problems from the perspective of the inverted classroom. The AD seeks to encourage students to relate the magnitudes and concepts studied in the classroom with the phenomena observed in their daily life and approach practically all the programmatic contents of Oscillations and Waves of High School (EM). ADs are available in electronic format in an Internet-accessible environment and are designed to be used in an inverted classroom methodology. The basic structure of AD consists of an introductory text, followed by simulations, videos or animations that represent specific phenomena and a set of questions or problems proposed to students. In an inverted classroom scheme, students are invited to answer the questions proposed before the face-to-face lesson. This is reserved for discussions, clarifications of doubts and summary of the subjects addressed. In general, we realize that the methodology of the inverted classroom is a didactic strategy that is well received by the students. In particular, we find that (1) the proposed course may be a solution to situations where the instructional load is insufficient to cover all the topics of the program and (2) the inverted classroom is a strategy with the potential to stimulate participation and Students' autonomy. The AD set was implemented and evaluated in two classes of the Second Series of MS. The results point to the feasibility of this proposal as an introductory course of a semester on the subject.

Keywords: Oscillations; Ondulatory; Computer simulation; Phenomena and magnitudes; Didactic activities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Grupo de discussão no Facebook.....	18
Figura 2 – Grupo do WhatsApp da turma B.....	19
Figura 3 – Sequências didáticas aconselhadas nos PCN + Física.....	29
Figura 4 – Estrutura do curso implementado: pilares.....	35
Figura 5 – Imagem da tela inicial das atividades no site.....	38
Figura 6 – Questionário de opinião.....	50
Figura 7 – Página inicial do site da pesquisa baseado em Drupal.....	61
Figura 8 – Programa de oscilações e ondulatória da escola.....	64
Figura 9 – Participação dos alunos das Turmas A (esq.) e B (dir.) em cada atividade didática em termos do comparecimento nos encontros presenciais e da entrega dos questionários.....	71
Figura 10 – Receptividade das AD.....	74
Figura 11 – Resposta quantitativa para a questão 7 da AD 01 do estudante Pierre Curie.	104
Figura 12 – Resposta qualitativa para a questão 7 da AD 01 do estudante Galileu.....	104
Figura 13 – Exemplo de resposta dada na primeira questão da AD 08.....	106
Figura 14 – Exemplo de resposta dada na segunda questão da AD 08.....	106
Figura 15 – Exemplo de resposta dada na terceira questão da AD 08.....	107
Figura 16 – Complemento de resposta dada na terceira questão da AD 08 por Pierre Curie.....	108
Figura 17 – Exemplo de resposta dada na quarta questão da AD 08.....	109
Figura 18 – Print screen da tela do smartphone do estudante Huygens.....	110
Figura 19 – Questão proposta pelo estudante Pierre Curie aos colegas.....	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características dos periódicos analisados para pesquisa bibliográfica.....	24
Quadro 2 – Análise quantitativa dos periódicos selecionados.....	25
Quadro 3 – Análise do sumário dos livros didáticos de Física aprovados no PNLEM/2015.....	27
Quadro 4 – Sala de aula invertida.....	37
Quadro 5 – A escolha dos recursos educacionais e sua incorporação nas AD.....	42
Quadro 6 – Estrutura de uma AD.....	53
Quadro 7 – Características básicas das atividades didáticas.....	54
Quadro 8 – Informações sobre os encontros presenciais.....	66
Quadro 9 – Questões apresentadas no questionário F.....	95
Quadro 10 – Critérios de análise da questão 2.....	96
Quadro 11 – Análise da questão 02.....	97
Quadro 12 – Análise da questão 03.....	99
Quadro 13 – Análise das respostas dos estudantes devido a forma: qualitativa ou quantitativa.....	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD – Atividade didática

CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física

EaD – Educação a distância

EDR – *Education Design Research*

EM – Ensino Médio

MEC – Ministério da Educação

MPEAC – Grupo de pesquisa Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências

MSAI – Metodologia da Sala de Aula Invertida

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PDE – Pesquisa de Design Educacional

PhET – *Physics Education Technology*

PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência

PPG – Programa de Pós-Graduação

PPGECQVS – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

RBEF – Revista Brasileira de Ensino de Física

RP – Resolução de Problemas

SBF – Sociedade Brasileira de Física

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Proposta de curso apresentada a escola.....	164
Anexo 2 – Entrevista transcrita do Aluno Doppler.....	167
Anexo 3 – Entrevista dos Alunos Fizeau e Descartes.....	169
Anexo 4 – Entrevista dos Alunos Laplace, Michelson-Morley e Hertz.....	171

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Atividade Didática 1.....	116
Apêndice B – Atividade Didática 2.....	118
Apêndice C – Atividade Didática 3.....	121
Apêndice D – Atividade Didática 4.....	125
Apêndice E – Atividade Didática 5.....	129
Apêndice F – Atividade Didática 6.....	131
Apêndice G – Atividade Didática 7.....	137
Apêndice H – Atividade Didática 8.....	140
Apêndice I – Atividade Didática 9.....	142
Apêndice J – Atividade Didática 10.....	143
Apêndice K – Atividade Didática 11.....	148
Apêndice L – Atividade Didática 12.....	149
Apêndice M – Atividade Didática 13.....	156
Apêndice N – Atividade Didática 14.....	160

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	9
1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 PROBLEMÁTICA DE PESQUISA.....	20
1.3 OBJETIVO GERAL.....	20
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.5 QUESTÕES INVESTIGATIVAS.....	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: OSCILAÇÕES E ONDULATÓRIA.....	22
2.1 QUESTÕES NORTEADORAS.....	22
2.2 SELEÇÃO DOS PERIÓDICOS E ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.3 O LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA.....	26
2.4 DIFICULDADES NO ENSINO DE OSCILAÇÕES E ONDULATÓRIA.....	29
2.5 POSSÍVEIS SOLUÇÕES.....	32
3 ESTRUTURA DO CURSO.....	35
3.1 SALA DE AULA INVERTIDA.....	35
3.2 ATIVIDADES NA FORMA DE TAREFAS.....	40
3.3 USO DE SIMULAÇÕES, ANIMAÇÕES E VÍDEOS.....	41
3.4 ÊNFASE EM FENÔMENOS.....	43
4. ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS.....	45
4.1 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	45
4.2 METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DAS AD.....	48
5. AS ATIVIDADES DIDÁTICAS DESENVOLVIDAS.....	52
5.1 O CONJUNTO DE AD.....	52
5.2 AS AD PLANEJADAS.....	56
5.2.1 Atividade 1: Movimento periódico.....	56
5.2.2 Atividade 2: Fenomenologia de um pulso de onda.....	56
5.2.3 Atividade 3: Grandezas relacionadas a uma onda.....	57
5.2.4 Atividade 4: Ondas transversais e longitudinais.....	57
5.2.5 Atividade 5: Ondas sonoras.....	57
5.2.6 Atividade 6: Timbre.....	58
5.2.7 Atividade 7: Som, infrassom e ultrassom.....	58

5.2.8 Atividade 8: Fenômenos e grandezas.....	58
5.2.9 Atividade 9: Padrão de interferência.....	59
5.2.10 Atividade 10: Interferência de ondas.....	59
5.2.11 Atividade 11: Ondas estacionárias.....	59
5.2.12 Atividade 12: Reflexão, refração e difração.....	59
5.2.13 Atividade 13: Efeito Doppler.....	60
5.2.14 Atividade 14: Ressonância.....	60
5.3 SOBRE O DRUPAL.....	60
5.4 SOBRE O PHET.....	61
6. APLICAÇÃO E RESULTADOS.....	63
6.1 CONTEXTO DE APLICAÇÃO E PERFIL DA ESCOLA.....	63
6.2 ANÁLISE DOS DADOS.....	68
6.2.1 Identidade dos Estudantes.....	68
6.2.2 Análise quanto a presença e participação.....	70
6.2.3 Análise do questionário de opinião.....	71
6.2.4 Análise do questionário disponibilizado após o curso.....	95
6.2.4.1 Questão 2.....	96
6.2.4.1.1 Critérios de Análise.....	96
6.2.2.3 Questão 4.....	100
6.2.2.4 Questão 1.....	100
6.2.5 Análise quanto a respostas qualitativas e quantitativas.....	102
6.2.6 Índícios de Aprendizagem.....	104
6.2.6.1 AD 01 – Movimento Periódico.....	105
6.2.6.2 AD 08 – Fenômenos e grandezas.....	105
6.2.6.3 AD 13 – Efeito Doppler.....	109
6.2.6.4 AD 14 – Ressonância.....	111
CONCLUSÕES.....	112
REFERÊNCIAS.....	115
APÊNDICES.....	119
ANEXOS.....	164
ANEXO 1 – PROPOSTA DE CURSO APRESENTADA A ESCOLA.....	164
ANEXO 2 - ENTREVISTA TRANSCRITA DO ALUNO DOPPLER.....	167
ANEXO 3 – ENTREVISTA TRANSCRITA DOS ALUNOS FIZEAU E DESCARTES.....	169

ANEXO 4 – ENTREVISTA TRANSCRITA DOS ALUNOS LAPLACE, MICHELSON-
MORLEY E HERTZ.....171

SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA UMA ABORDAGEM FENOMENOLÓGICA DA ONDULATÓRIA EM UMA PERSPECTIVA DE SALA DE AULA INVERTIDA

APRESENTAÇÃO

Como surgiu esta pesquisa? Qual caminho percorrido para chegar até aqui? Nesta seção procuramos responder estas e outras questões relevantes. Comentarei brevemente minha trajetória como pesquisadora para elucidar alguns pontos importantes para compreensão de como transcorreu esta pesquisa.

Minha carreira na área de pesquisa em Ensino de Física começou quando estava no terceiro semestre da graduação em Física Licenciatura plena na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Neste semestre participei de um projeto de extensão intitulado “Transposição didática na primeira série do ensino médio”, em que reescrevíamos tópicos de Física, de nível superior, de forma que pudesse ser inserido no ensino médio.

Ainda durante a graduação me envolvi em outros projetos como “Regularidades e transformações no Moodle” e “Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID)” ambos relacionados à tecnologia educacional no ensino de Física. No primeiro, analisamos disciplinas do curso de Física a distância da UFSM em que observamos as regularidades e transformações que os professores seguiam na organização das suas disciplina no Moodle (Ambiente Virtual de Ensino-aprendizagem utilizado pela EaD da UFSM). No segundo supracitado, elaboramos, implementamos e avaliamos problemas de Física mediados por simulações computacionais. Os problemas foram implementados em escolas públicas da região de Santa Maria para o Ensino Médio.

No mestrado, cursado no PPG em Educação da UFSM, minha pesquisa foi intitulada como “*Interação Colaborativa em Hipermídia Educacional no Ensino-Aprendizagem de Física*”, na qual hipermídia educacional foi usada como sinônimo de simulação computacional. Analisamos o potencial da simulação computacional para promover a interação e colaboração entre os estudantes durante as atividades didáticas. A pesquisa foi implementada no ensino superior no curso de Física na disciplina de Didática para a Física e no Ensino Médio nas três séries de uma escola da rede pública da região de Santa Maria.

Com o intuito de permanecer na pesquisa em tecnologia educacional no ensino de Física iniciamos o projeto de doutorado “*Sequência de Atividades Didáticas para uma*

Abordagem Fenomenológica da Ondulatória em uma Perspectiva de Sala de Aula Invertida”.

Produzimos um curso completo de oscilações e ondulatória, na perspectiva de sala de aula invertida (MSAI), com mediação tecnológica de simulações computacionais, animações e vídeos. Com este curso, buscamos incentivar os estudantes a relacionar os fenômenos que eles observam em seu cotidiano com as grandezas e os conceitos estudados em sala de aula. Através de uma sequência de atividades didáticas proporcionamos aos estudante uma reflexão sobre os fenômenos e grandezas de oscilações e ondulatórias.

Apresentaremos, ao longo do texto, como foi planejado e implementado o curso de oscilações e ondulatória, quais as dificuldades encontradas e possíveis soluções. Neste trabalho também discutiremos os resultados, se de fato os estudantes conseguiram fazer a relação entre os conceitos, grandezas e fenômenos durante a realização das atividades didáticas disponibilizadas e se, de fato, a MSAI foi eficiente e reconhecida pelos estudantes.

Este trabalho está dividido em seis capítulos temáticos. O primeiro capítulo consiste em uma introdução sobre algumas escolhas que fizemos ao longo do percurso. O porquê da mediação tecnológica com simulações computacionais, animações e vídeos. Como se deu a seleção da metodologia de pesquisa, entre outras discussões para situar o leitor na investigação realizada.

No capítulo dois apresentamos uma revisão bibliográfica, a fim de encontrar a localização e relevância da pesquisa, contextualizando o conteúdo escolhido. Neste capítulo fizemos um levantamento dos artigos de pesquisa, no âmbito nacional a fim de demonstrar a escassez de trabalhos na área de ensino de oscilações e ondulatória, especialmente em propostas de ensino deste conteúdo utilizando a mediação de simulações computacionais. Além disso, neste capítulo apresentamos uma análise dos livros didáticos aprovados pelo MEC e utilizados na maioria das escolas públicas de ensino médio com a finalidade de mostrar que o conteúdo de oscilações e ondulatória é, usualmente, o último tópico abordado da série em que está inserido e desta forma, ressaltando a importância do nosso curso.

No terceiro capítulo apresentamos a estrutura do curso implementado. O curso está apoiado em quatro pilares essenciais: sala de aula invertida, abordagem fenomenológica, uso de simulações, animações e vídeos e atividades planejadas na forma de tarefas.

No capítulo quatro descrevemos brevemente a nossa metodologia de pesquisa, baseada e adaptada de Education Design Research (EDR) ou Pesquisa de Design Educacional (PDE), conforme nossa tradução, aproximando-se da pesquisa ação em alguns aspectos. A

metodologia de elaboração de cada atividade didática da sequência em questão também é abordada neste capítulo. Além disso, apresentamos os passos que seguimos durante a nossa investigação, estes passos consistem em uma característica do nosso grupo de pesquisa MPEAC¹ do PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde.

O quinto capítulo apresentamos a sequência das AD desenvolvidas que constituem o curso sobre oscilações e ondulatória. Neste capítulo descrevemos brevemente cada uma das atividades implementadas e os recursos educacionais utilizados em cada atividade. Além disso, apresentamos o Drupal, base do nosso ambiente de trabalho eletrônico, e o Phet, repositório de simulações computacionais na Internet.

No sexto capítulo falamos sobre como se deu a aplicação das AD desenvolvidas e implementadas, bem como apresentamos o perfil da escola em que as atividades foram aplicadas. Também neste capítulo apresentamos os resultados e a análise dos dados. Outrossim, relatamos a viabilidade e aceitação das AD por parte dos estudantes. As entrevistas realizadas e os questionários de opinião online também serão contemplados neste capítulo.

E por último, mas não menos importante, discutimos as conclusões encontradas ao fim desta pesquisa e uma proposta de prosseguimento da investigação. Nesta primeira implementação encontramos bons resultados, mas, certamente ainda há muita coisa a ser feita na área de ensino de oscilações e ondulatória no Ensino Médio.

1 MPEC – Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências

1 INTRODUÇÃO

Atualmente é evidente a presença constante das tecnologias da informação e comunicação no meio escolar (DEMO, 2006). É comum encontrarmos jovens em locais públicos portando celulares conectados a Internet, navegando nas redes sociais ou escutando músicas em seu fone de ouvido plugado no celular. Mas muitas vezes, além da rua e do ônibus, percebemos que os smartphones roubam a cena em sala de aula. Nós, enquanto educadores, não podemos ficar alheios a estas mudanças.

Os estudantes que estão chegando nas escolas e mesmo nas universidades são os chamados Nativos Digitais (PRENSKY, 2001). Segundo Marc Prensky, esta geração está acostumada, desde o seu nascimento, a obter as informações de forma rápida e com fácil acesso na Internet. Será que “o ensino (no Brasil) baseado no livro didático e em aulas expositivas com a utilização somente de quadro e pincel” (SOUSA, 2010, p. 11) é interessante para estes alunos? Como podemos abordar um conteúdo de Física que vá além da memorização de fórmulas e mera reprodução de conceitos? Um ensino de Física descontextualizado e sem relação com os fenômenos observados no cotidiano pode ser bastante tedioso e desmotivador, fazendo, inclusive, com que alguns estudantes cheguem a odiar o estudo da Física (SOEGENG, 1998; TRAMPUS E VELENJE, 1996).

1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho, por sua vez, vem ao encontro de um ensino-aprendizagem de Física em conformidade com as normativas legais, pois busca “construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002, p.1).

Nossa pesquisa teve como uma de suas principais ênfases apresentar o conteúdo de oscilações e ondulatória de uma forma dinâmica, investigativa e participativa, baseada em sala de aula invertida, em que os alunos produziam resoluções de problemas e refletiam sobre as relações entre os fenômenos observados e os conceitos estudados. Conforme sugere Vani Moreira Kenski:

[...] essas aprendizagens que se apresentam como construções criativas, fluidas, mutáveis contribuem para que as pessoas e a sociedade possam vivenciar

pensamentos e comportamentos inovadores. [...] uma nova metodologia de ensino que tenha como pressuposto a cooperação e a participação intensa de todos os envolvidos, que motive os alunos a expressarem suas opiniões, onde o professor assuma o papel de criar um contexto no qual os alunos possam produzir seu próprio material por meio de um ativo processo de descoberta. (KENSKI, 2003, p.28)

Ressaltamos, ainda, que os conceitos e fenômenos são trabalhados neste curso deliberadamente sempre em conjunto para que os alunos possam entendê-los como um todo indissociável. O referido curso está constituído de quatorze AD, que cobriram todo o conteúdo programático previsto nos livros didáticos de Ensino Médio. É importante ressaltar que o planejamento ocorreu de forma que as AD ficaram “ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que tiveram um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p.18).

Através de um processo que incentivou a autonomia e a participação ativa dos estudantes, ao longo da implementação das atividades, buscamos que estes se envolvessem com o conteúdo, pensassem e refletissem a relação entre os conceitos e grandezas estudadas e os fenômenos acontecendo no seu dia a dia. O curso foi planejado com o intuito de resolver o problema de uma escola da região de Santa Maria, em que os estudantes não tiveram e não teriam o conteúdo de oscilações e ondulatória por falta de tempo para cumprir o conteúdo programático da disciplina de Física.

Na nossa proposta de ensino de oscilações e ondulatória procuramos encorajar os estudantes a pesquisar, analisar e produzir de forma autônoma, em uma MSAI, e contextualizada com o seu cotidiano. Com o uso de simulação computacional foi possível ver o fenômeno acontecendo em uma representação da realidade, que eles estão habituados a observar, continuamente, na sua prática diária. Por meio da simulação computacional os estudantes foram capazes de confirmar ou refutar as concepções anteriores que possuíam, pois foi possível experienciar o fenômeno “acontecendo” para condições diversas (alteração de dados, inserção de variáveis, entre outras opções).

Outro motivo que nos levou a adotar a simulação computacional como recurso de ensino é a possibilidade de visualização do fenômeno, lembrando que é grande a abstração que deve ser considerada para a compreensão de fenômenos dinâmico. Por isso, muitas vezes os estudantes não conseguem compreender os fenômenos e conceitos físicos, desta forma para “auxiliar os alunos na compreensão de conceitos mais complexos é conveniente optar por uma animação ou simulação que permita a manipulação de parâmetros e a observação de relações de causa e efeito dos fenômenos” (TAROUCO, 2014, p.13).

Os livros didáticos buscam suprir essa necessidade de materialização e visualização com ilustrações estáticas que representam o antes e o depois do fenômeno dinâmico. Porém isso exige do estudante um esforço cognitivo, que pode ser amenizado com o uso de simulações, vídeos e animações. Por experiência própria e relatos de docentes da escola em que implementamos o curso essas ilustrações estáticas têm sido ineficientes para o estudo de fenômenos dinâmicos.

Nossa definição de simulação computacional está de acordo com a descrição de Medeiros e Medeiros (2002) quando afirma que: Evidentemente, qualquer simulação está baseada em um modelo de uma situação real, modelo este matematizado e processado pelo computador a fim de fornecer animações de uma realidade virtual. A construção, portanto, de uma simulação computacional pressupõe, necessariamente, a existência de um modelo que lhe dá suporte e que lhe confere significado. As simulações podem ser vistas como representações ou modelagens de objetos específicos reais ou imaginados, de sistemas ou fenômenos. (MEDEIROS E MEDEIROS, 2002, p.79)

Com o auxílio de simulações computacionais, para a visualização do fenômeno, buscamos dar um sentido aos conceitos físicos estudados, para que os alunos compreendam que conceitos não são meras palavras, mas sim termos-chave providos de significados e incorporados no cotidiano vivencial de cada um. A observação dos fenômenos físicos é algo inato do ser humano, ele naturalmente observa o mundo ao seu redor.

Aliados a este instinto de observação, procuramos fazer com que o estudante além de observar o fenômeno, também faça as devidas relações com as grandezas envolvidas, fugindo assim da habitual memorização de fórmulas e reprodução sistemática do livro didático. Nossa concepção de ensino está de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino de Física, quando diz que:

O ensino de Física vem deixando de concentrar-se na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, ganhando consciência de que é preciso dar-lhe um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado, na própria escola média. (BRASIL, 2002, p. 1)

Para tanto elaboramos o referido conjunto de atividades didáticas abordando o programa curricular de oscilações e ondulatória do ensino médio. O objetivo do conjunto de atividades é apresentar e identificar conceitos físicos e suas relações pela observação e manipulação de simulações computacionais representando fenômenos ondulatórios. Com isso

buscamos atribuir significado ao que é estudado, para que o aluno não veja aquilo como vazio e distante da sua realidade, o que mais uma vez nos traz a referência dos PCN para o ensino de Física:

Os critérios que orientam a ação pedagógica deixam, portanto, de tomar como referência primeira “o quê ensinar de Física”, passando a centrar -se sobre o “para que ensinar Física”, explicitando a **preocupação em atribuir ao conhecimento um significado no momento mesmo de seu aprendizado**. Quando “o quê ensinar” é definido pela lógica da Física, corre-se o risco de apresentar algo abstrato e distante da realidade, quase sempre supondo implicitamente que se esteja preparando o jovem para uma etapa posterior: assim, a cinemática, por exemplo, é indispensável para a compreensão da dinâmica, da mesma forma que a eletrostática o é para o eletromagnetismo. Ao contrário, quando se toma como referência o “para que” ensinar Física, **supõe-se que se esteja preparando o jovem para ser capaz de lidar com situações reais, crises de energia, problemas ambientais, manuais de aparelhos, concepções de universo, exames médicos, notícias de jornal, e assim por diante**. (BRASIL, 2002, p. 4, grifos nossos)

É importante que o professor tenha o cuidado em preparar, adaptar ou utilizar um material didático que desperte no estudante curiosidade para compreender a Física relacionada a situações reais. Quando o estudante não vê o significado da Física, mas apenas um degrau a mais para compreender o próximo conteúdo, ele não faz as relações necessárias com os fenômenos que ele observa diariamente. Isto pode resultar em alunos desestimulados e passivos na construção da sua própria aprendizagem. É preciso dar um sentido ao que é estudado, é importante e necessário que o estudante compreenda o porquê de estudar este conteúdo e como ele pode afetar a sua percepção diante de problemas reais.

Ressaltamos que partimos de um problema localizado, encontrado na prática educacional, em sala de aula. Trata-se de um problema regional, mas acreditamos que pode ser generalizado em âmbito nacional. Esse problema consiste na supressão do conteúdo de oscilações e ondulatória, por falta de tempo. Desta forma, podemos identificar a nossa investigação. Nossa pesquisa é baseada metodologicamente em Educational Design Research (EDR) ou conforme nossa tradução Pesquisa de Design Educacional (PDE). Conforme o autor Jan van den Akker et. al. (2013, p.12), um dos principais objetivos do PDE consiste em desenvolver “soluções baseadas em pesquisa para problemas complexos na prática educativa ou desenvolver ou validar teorias sobre os processos de aprendizagem”.

Elaboramos o referido curso, como forma de introduzir o conteúdo de oscilações e ondulatória, composto por uma sequência de AD, apresentadas na forma de tarefas, a nível de Ensino Médio. Em princípio, sustentamos que o curso pode ser feito pelo aluno de forma

autônoma, ou seja, sem o auxílio do professor, pois as atividades são contextualizadas e contém as explicações necessárias para sua realização. No entanto, é recomendável planejar um encontro presencial para esclarecer dúvidas ou algum espaço de discussão, como por exemplo, um grupo em uma rede social para que haja a possibilidade de debate que proporcione instâncias de aprendizagem colaborativa.

Mesmo que o curso possa ser realizado de forma autônoma, é importante ressaltar que ele pode ser implementado de outras formas. O professor pode utilizar o material do curso, disponibilizado de forma aberta, para introduzir o conteúdo e iniciar a discussão em sala de aula, como trabalho extra classe ou ainda como material de apoio no estudo de oscilações e ondulatória. Desta forma, o curso pode ser adaptado conforme a realidade de cada escola.

Entendemos que existe uma dificuldade, por parte dos professores, em buscar novos materiais ou mesmo produzir seu próprio material didático. A restrição da carga horária de Física no Ensino Médio e as condições de trabalho do professor, muitas vezes não condizem com o desejo de fazer algo diferente do tradicional. É difícil buscar novos horizontes, além do livro didático. Parece que, este novo horizonte, se distancia da prática do professor, especialmente, quando ele se encontra imerso em carências que fogem a sua própria vontade. Nós, enquanto pesquisadores, podemos buscar meios de melhorar o trabalho do professor em sala de aula.

Nosso desafio é, portanto, buscar meios para concretizar esses novos horizontes, especialmente dentro da realidade escolar hoje existente no país. Como conseguir realizar tanto com tão pouco espaço, tempo, recursos materiais, carências formativas e afetivas dos alunos, condições de trabalho dos professores? (BRASIL, 2002, p. 3)

Acreditamos que o nosso curso pode sim “abrir os horizontes” e, de fato, pode ser uma solução em relação a utilização de novos materiais no Ensino Médio. O curso que apresentamos, teve sua primeira implementação em uma escola de nível médio e no decorrer deste texto discutimos como transcorreu o processo. As atividades foram realizadas de forma não presencial, no computador conectado na rede, para três turmas da segunda série. Mesmo que, conforme já citamos, o curso pudesse ser realizado de modo autônomo, sem a necessidade de acompanhamento do professor, no nosso caso os estudantes possuíam encontros presenciais semanais para esclarecimento de dúvidas. Este encontro durava em média uma hora. Além destes encontros semanais existiam mais dois espaços de discussão,

um grupo na rede social Facebook (Figura 1) e um grupo de uma das turmas no aplicativo WhatsApp (Figura 2).

As redes sociais ainda são pouco exploradas e discutidas em sala de aula (SILVA e SERAFIM, 2016). Conforme Silva e Serafim (2016, p. 68) “na maioria dos casos, as escolas não permitem o acesso a esse tipo de rede social em função do “medo” de que o aluno se interesse por assuntos que não estejam diretamente ligados aos estudos de sala de aula”. Porém, acreditamos que as redes sociais podem favorecer o processo de ensino-aprendizagem quando utilizadas de forma pedagógica. Existem autores que justificam a utilização das redes sociais, especificamente o Facebook, no espaço pedagógico, como é o caso de Ferreira, Corrêa e Torres (2012):

O Facebook surge como um novo cenário para aprender a aprender e aprender com o outro, ou seja, aprender a conviver virtualmente, num processo interativo pedagógico comunicacional que emerge no ciberespaço. Essa rede social possibilita que o professor utilize diferentes metodologias para incentivar e motivar o estudante no seu processo de aprendizagem. (Ferreira, Corrêa e Torres, 2012, p.8)

Concordamos com os autores, quando afirmam que o Facebook consiste em um cenário para aprender a conviver, além de conviver, é um meio de aprender a colaborar. Neste caso, o nosso grupo no Facebook, intitulado “Dúvidas – AD Oscilações e Ondas”, foi criado com o intuito de colaborar, compartilhar e esclarecer dúvidas. No grupo os estudantes discutiam entre si e com o professor questões relacionadas as AD ou outras questões relacionadas a oscilações e ondulatória. O grupo também era utilizado para divulgação de notas e imprevistos, como, por exemplo, caso outro professor marcasse aula de reforço no dia do nosso encontro presencial, os próprios estudantes criavam uma enquete para escolher o melhor dia para recuperar o nosso horário semanal.

Na Figura 1 apresentamos uma imagem do nosso grupo no Facebook, ele é composto por trinta e seis membros, sendo eles estudantes da escola em que o curso foi implementado e professor pesquisador.

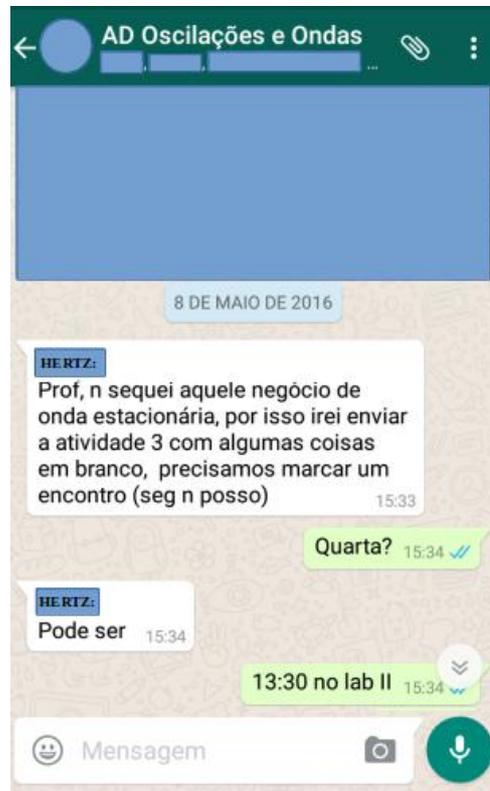
Figura 1 – Grupo de discussão no Facebook.



Além do grupo de discussão no Facebook (Turma A, B e C), também tínhamos o grupo de discussão no WhatsApp, criado pelos estudantes de uma das turmas (Turma B). Na literatura percebemos que o uso do WhatsApp como ferramenta pedagógica também é muito pouco explorado, encontramos alguns relatos que mencionam o uso do WhatsApp no ensino. Honorato e Reis (2014) afirmam que “para os alunos as vantagens do aplicativo WhatsApp são de passar informações sobre as matérias, tirar dúvidas sobre conteúdos, tarefas ou trabalhos”. Além disso, segundo eles, “o WhatsApp auxilia no relacionamento do grupo, argumentando que o aluno que é tímido ou não consegue falar em público tem a oportunidade de se comunicar melhor com a utilização do aplicativo” (HONORATO e REIS, 2014, p. 3).

No nosso grupo de discussão no WhatsApp, intitulado AD Oscilações e Ondas, existem quinze participantes, sendo quatorze deles estudantes e um professor pesquisador. O grupo era utilizado, geralmente, para esclarecer algumas dúvidas que ficavam após o encontro presencial e agendar atendimentos individuais quando o aluno, por algum motivo, não participava do encontro presencial ou quando, mesmo após o encontro presencial, ele ainda ficava com dúvidas. Além disso, o grupo também servia de suporte para discussões entre os alunos sobre as AD e sobre o conteúdo de oscilações e ondulatória em geral.

Figura 2 – Grupo do WhatsApp da turma B.



É muito importante a integração das tecnologias em sala de aula, com certeza estes grupos de discussão na internet também serviram como auxílio para o processo de ensino-aprendizagem destes alunos. Porém, é essencial que o professor organize e esclareça o papel destas tecnologias, especialmente, as redes sociais, no espaço escolar. Neste caso, concordamos com Silva e Serafim (2016):

É evidente o papel fundamental do professor na sociedade da informação, a necessidade de inovar e acompanhar essas tecnologias para não ficar ultrapassado, pois a tecnologia na educação requer um olhar mais abrangente, envolvendo novas formas de ensinar e de aprender condizentes com o modelo da sociedade do conhecimento, o qual se caracteriza pelos princípios da diversidade, da integração e da complexidade. (SILVA E SERAFIM, 2016, p. 71)

Destacamos que a iniciativa para criar estes grupos nestas ferramentas de comunicação (Facebook e WhatsApp) partiu dos estudantes. Por mais que o professor pesquisador também participou destes grupos a gestão dos mesmos foi feita pelos estudantes.

Consideramos importante, mas não essencial, a criação destes ambientes de discussão em rede social para a nossa proposta de curso. Ressaltamos que o professor não precisa se manifestar nas discussões sobre o conteúdo nos grupos, ou seja, estes não foram criados com o intuito de sobrecarregar o professor.

No nosso caso, os grupos serviram como forma de fornecer informações rápidas, como por exemplo, encontros presenciais cancelados ou transferidos de última hora. Os estudantes usavam, também, os grupos para discussões sobre as AD e o conteúdo, neste caso o professor não intervia, as dúvidas somente eram sanadas no encontro presencial.

1.2 PROBLEMÁTICA DE PESQUISA

Identificação de um problema real em sala de aula:

- Devido a carga horária restrita da disciplina de Física, estudantes do Ensino Médio, não teriam o conteúdo de oscilações e ondulatória;

- Devido a extensão do conteúdo e a riqueza fenomenológica fica difícil a aprendizagem de oscilações e ondulatória com representações estáticas.

1.3 OBJETIVO GERAL

Desenvolver, implementar e analisar um curso introdutório de ondulatória, na perspectiva da sala de aula invertida, estruturado na forma de tarefas, mediado por simulações, animações e vídeos que enfatiza a relação entre fenômenos e conceitos para realidades escolares com carga didática restrita.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um curso, com quatorze AD, elaboradas na perspectiva metodológica da sala de aula invertida através da proposição de tarefas mediadas por simulações, animações e vídeos que enfatizam os aspectos fenomenológicos de oscilações e ondulatória;

- Implementar as atividades didáticas em uma escola de ensino médio;

- Pesquisar a dinâmica de realização das tarefas pelos alunos;
- Analisar se e como os alunos relacionam fenômenos a conceitos;
- Analisar a efetividade do curso de ondulatória desenvolvido, na perspectiva da sala de aula invertida, quando ministrado a alunos que não tiveram (e não vão ter) esse conteúdo em seus cursos regulares.

1.5 QUESTÕES INVESTIGATIVAS

Ao pensarmos na inserção de recursos didáticos (simulações, animações e vídeos), no ensino-aprendizagem de Física, a fim de incentivar a participação e autonomia dos estudantes, bem como proporcionar uma maior dinamicidade a aula, surgem muitas dúvidas neste processo. A MSAI por ser considerada uma metodologia relativamente nova, também nos traz vários questionamentos, que procuramos responder neste trabalho, de forma a auxiliar professores que também estão vivendo este problema em sala de aula. Alguns destes questionamentos estão apresentados logo abaixo, na forma de questões investigativas. Essas questões nortearão a nossa discussão ao longo do texto.

1. Estas AD, com estas características foram eficientes para resolver o problema apresentado na seção 1.2?
 2. Os recursos didáticos foram importantes para os estudantes visualizarem os fenômenos de forma dinâmica?
 3. Os recursos didáticos contribuíram para o desenvolvimento da autonomia dos estudantes? E a MSAI foi importante neste aspecto?
 4. Como foi a dinâmica de realização das AD pelos estudantes?
 5. O fato dos estudantes não terem estudado o conteúdo de oscilações e ondulatória em sala de aula prejudicou a realização e entendimento do curso?
 6. É possível realizar o curso sem o auxílio do professor?
 7. Como a MSAI contribuiu para a efetividade do curso?
 8. É possível incorporar este curso formalmente em sala de aula?
- Procuramos responder estas e outras questões ao longo do texto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: OSCILAÇÕES E ONDULATÓRIA

Neste capítulo, demonstramos a escassez, na esfera nacional, de propostas para trabalhar o conteúdo de oscilações e ondulatória em sala de aula, em especial aquelas que empregam simulações computacionais, vídeos e/ou animações como recursos didáticos. Para este fim, analisamos as publicações recentes de dois periódicos nacionais, neles buscamos identificar os artigos que tratavam de oscilações e ondulatória em sala de aula, simulações computacionais ou ensino de oscilações e ondulatória com mediação de recursos didáticos. Também, neste capítulo, apresentamos uma breve análise dos livros didáticos aprovados pelo MEC para ser usado como livro texto no Ensino Médio.

2.1 QUESTÕES NORTEADORAS

Nosso trabalho está inserido no grupo de pesquisa denominado Métodos e Processos de Ensino-Aprendizagem de Ciências (MPEAC), encaixado na linha de pesquisa 1: Educação Científica: processos de Ensino e Aprendizagem na Escola, na Universidade e no Laboratório de Pesquisa do PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Este grupo de pesquisa tem, entre suas linhas de atuação, a produção de atividades didáticas originais e de acordo com a linha de pesquisa mencionada, que envolve, especialmente, a investigação dos problemas do processo de ensino e aprendizagem de ciências em sala de aula. Desenvolvemos ações de forma a interferir no espaço escolar, na tentativa de encontrar alternativas para minimizar os problemas relacionados ao processo educacional.

Desta forma, neste trabalho, desenvolvemos material didático para abordar oscilações e ondulatória em sala de aula, utilizando simulações computacionais, vídeos e animações como recursos didáticos. Dessas circunstâncias, despontou a necessidade de uma revisão bibliográfica de publicações recentes de periódicos relativos ao Ensino de Física no âmbito nacional, com o principal objetivo de identificar o que estava sendo produzido a respeito de ondas e simulações computacionais, ou seja, encontrar dados e informações relevantes que contribuíssem para a elaboração de uma proposta didática original. Para orientar a pesquisa bibliográfica, elaboramos alguns questionamentos:

1. Quantos trabalhos abordam oscilações e ondulatória nos periódicos nacionais pesquisados?

2. Quantos trabalhos de oscilações e ondulatória foram implementados em sala de aula?

3. Quantos artigos apresentam atividades didáticas mediadas por simulações computacionais?

4. Quantos trabalhos tratam do ensino-aprendizagem de oscilações e ondulatória com mediação tecnológica de simulações computacionais?

5. Quantos destes trabalhos, sobre oscilações e ondulatória, com mediação tecnológica são voltados para implementação em sala de aula?

6. Quais são as estratégias ou recursos didáticos propostos/empregados nos trabalhos diretamente voltados para a sala de aula?

7. Nos trabalhos diretamente voltados para a sala de aula, quais recursos didáticos, especificamente das TIC, são utilizados?

8. Nos trabalhos diretamente voltados para a sala de aula, quais tópicos ou conceitos de oscilações e ondulatória são contemplados?

9. Como os livros didáticos abordam o conteúdo de oscilações e ondulatória?

Além destas questões norteadoras para a revisão bibliográfica, também procuramos responder, ao longo deste capítulo, outras questões para justificar algumas escolhas que fizemos durante a nossa investigação. São elas:

10. Por que escolhemos abordar o conteúdo de ondulatória e oscilações?

11. Por que nossas AD foram mediadas por TIC, mais especificamente, simulações computacionais, animações e vídeos?

12. Por que optamos por resolução total na rede e não em lápis e papel?

Os resultados desta pesquisa são descritos a seguir.

2.2 SELEÇÃO DOS PERIÓDICOS E ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

Escolhemos para a revisão de literatura dois periódicos nacionais bastante conhecidos da área específica de ensino de Física, o Caderno Brasileiro de Ensino de Física² (CBEF) e a Revista Brasileira de Ensino de Física³ (RBEF). Segundo informações contidas na página dos periódicos mantidas na Internet montamos o quadro 1.

2 Site do CBEF <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica>

3 Site da RBEF <http://www.sbfisica.org.br/rbef/>

Quadro 1 – Características dos periódicos analisados para pesquisa bibliográfica.

	CBEF	RBEF
Periodicidade de publicação	quadrimestral	trimestral
Responsável	UFSC	SBF
Acesso	livre	livre
Seleção de artigos	arbitrada	revisados por pares
Objetivo principal	cursos de formação de professores de Física	promover e divulgar a Física e ciências correlatas
Circulação	nacional	nacional

Escolhemos estes periódicos por se tratarem de referências nacionais no Ensino de Física. Nosso trabalho foi elaborado para uma realidade que conhecemos, que se enquadra em um problema regional, mais especificamente do estado do Rio Grande do Sul, que pode ser generalizado para nível nacional. Consideramos que nosso trabalho pode ser generalizado a nível nacional porque os PCN + Física, que são orientações educacionais complementares, aconselham, em seus exemplos de sequência didática, que o conteúdo de ondulatória e oscilações (F4) sejam o último tópico do ano letivo no Ensino Médio (Figura 3). Naturalmente, caso a carga horária da disciplina de Física não seja suficiente para cumprir o programa, o último tópico é sacrificado. Desta forma, nosso curso sobre oscilações e ondulatória pode ser considerado como possível solução.

Porém, para apresentar nossa proposta de curso sobre oscilações e ondulatória é necessário mostrarmos a relevância e originalidade da mesma. Para tanto, selecionamos trabalhos pertinentes para nossa pesquisa, a pesquisa quantitativa foi feita recorrendo à ferramenta de busca dos periódicos já citados. Optamos por analisar os trabalhos a partir do ano de 1990 porque foi desde então que começou a acontecer uma popularização do uso Internet, o que pode contribuir para a divulgação dos recursos educacionais, como simulações computacionais.

Nossa busca se deu por palavras nos títulos e palavras-chave dos artigos, para a pesquisa qualitativa. No caso da pesquisa qualitativa, em todos os casos, líamos o resumo do artigo, caso ficasse alguma dúvida líamos o artigo na íntegra. No quadro 2 apresentada abaixo mostramos os resultados quantitativos encontrados em nossa pesquisa.

Quadro 2 – Análise quantitativa dos periódicos selecionados.

Ano	CBEF				RBEF			
	Total	Ondas	Simulação	Ondas + Simulações	Total	Ondas	Simulação	Ondas + Simulações
1990	26	1	0	0	13	0	0	0
1991	22	0	0	0	12	1	1	0
1992	26	0	0	0	42	3	0	0
1993	26	1	0	0	-	1	-	-
1994	20	0	0	0	-	1	-	-
1995	18	0	0	0	38	1	0	0
1996	19	0	0	0	37	0	0	0
1997	20	0	0	0	51	0	1	0
1998	21	1	0	0	56	1	1	0
1999	27	2	0	0	73	1	0	0
2000	23	1	0	0	74	0	1	0
2001	25	0	1	0	56	1	1	0
2002	32	0	1	0	60	1	3	0
2003	18	0	0	0	50	1	0	0
2004	66	4	0	0	62	3	1	0
2005	20	2	0	0	81	1	0	0
2006	19	0	0	0	69	1	1	0
2007	20	1	0	0	84	1	1	0
2008	27	0	2	0	65	0	2	0
2009	31	0	0	0	65	1	0	0
2010	33	0	0	0	65	1	1	0
2011	29	2	0	0	102	3	2	0
2012	48	4	4	1	83	0	4	0
2013	28	2	1	0	111	4	0	0
2014	38	2	0	0	92	1	0	0
2015	49	1	5	1	96	0	0	0
2016	31	2	0	0	91	0	0	0

Na RBEF no ano de 1995 foi criada uma linha de pesquisa denominada o computador no ensino de Física. O que achamos um grande ganho para o Ensino de Física, no que diz respeito a inclusão desta ferramenta no processo de ensino-aprendizagem. Também na RBEF, no ano de 2002 teve uma edição especial sobre simulações, uso do computador no ensino-aprendizagem, intitulada “Seção Especial: Informática no Ensino de Física”.

Percebemos através da análise quantitativa que apenas dois artigos do CBEF foram encontrados na pesquisa pelas palavras de ondas e simulações. Um artigo no ano de 2012 e outro no ano de 2015. Porém, ao selecionar estes artigos para a pesquisa quantitativa e ler o resumo dos mesmos percebemos que estes não são relevantes para a nossa investigação. O primeiro artigo encontrado, no volume 29, número especial 2, de outubro de 2012, trata de simulações computacionais para o ensino do Efeito Fotoelétrico, que se insere como conteúdo de física moderna e não oscilações e ondulatória, que é nosso foco. O segundo artigo encontrado, no volume 32, número 3, de 2015, aborda o ensino de matéria e radiação através de simulações e, também, se constitui em tópico de física moderna.

Sendo assim, percebemos que existe uma escassez de propostas de ensino de oscilações e ondulatória com mediação de simulações computacionais para o Ensino Médio a nível nacional. Isto não significa que nada é feito nesta área, porém, na nossa pesquisa não encontramos nada nestes periódicos analisados. Ressaltamos que é mais fácil encontrar propostas de ensino de Física de algum tópico que pode estar inserido no conteúdo de oscilações e ondulatória, como por exemplo, ressonância, mas um material didático constituído de um curso completo, que aborde todo o conteúdo programático de oscilações e ondulatória é mais difícil de encontrar. Com isso, sugerimos a grande relevância e contribuição do nosso curso para o Ensino de Física.

2.3 O LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA

Segundo Monteiro e Medeiros (1998) a maioria dos materiais didáticos disponíveis aos professores, especialmente os livros didáticos trazem conceitos de Física distorcidos e desvinculados do cotidiano dos alunos. Em geral, os professores utilizam como principal material didático o livro, que, no caso de escolas públicas é fornecido pelo Ministério da Educação. O Ministério da Educação possui um Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). Através desse programa vários livros são analisados e os aprovados são disponibilizados para que a escola faça escolha do livro texto de cada disciplina. No PNLEM/2015, quatorze livros foram aprovados. Fizemos uma breve análise, focalizando no conteúdo de oscilações e ondas, nos livros didáticos aprovados no PNLEM/2015.

Esta breve análise consistiu em buscar no sumário de cada um dos livros aprovados por palavras como: oscilações, ondas, ondulatória e onda. No quadro 1 apresentamos os resultados encontrados nesta análise.

Quadro 3 – Análise do sumário dos livros didáticos de Física aprovados no PNLEM/2015

PNLEM 2015 – LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA	Autor(es)	Programa de Oscilações e Ondulatória no Sumário do livro
	Gaspar	Volume II: Unidade 1 (Ondas Mecânicas): Movimento ondulatório; Cordas vibrantes e ondas bidimensionais; Som; Música.
	Artuso	Volume II: Unidade 4 – Ondulatória: Natureza e transporte de energia de ondas; Ondas estacionárias e acústica.
	Pietrocola	Volume 3: Unidade 2 - ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: A luz como onda e telecomunicações; Fontes de luz e suas cores; Espectroscopia.
	Guimarães; Carron	Volume II: Unidade 3 – Ondulatória: Ondas mecânicas; Acústica.
	Barreto; Xavier	Volume III: Unidade 5 – Ondulatória: Movimento Harmônico Simples; Ondas; Acústica; Ondas Eletromagnéticas.
	Máximo; Alvarenga	Volume 2: Unidade 3: Óptica e ondas: Reflexão da luz; Refração da luz; Movimento ondulatório.
	Bonjorno	Volume 2: Unidade IV – Ondulatória: Ondas; Fenômenos ondulatórios; Acústica.
	Toscano; Filho	Volume II: Reflexão da Luz; Refração da Luz; Luz: Partícula ou Onda?
	Yamamoto; Fuke	Volume 2: Unidade 3 – Ondulatória: Oscilações; Ondas; Ondas Sonoras (Acústica).
	Biscuola; Bôas; Doca	Volume 2: Unidade 2 – Ondulatória: Ondas; Acústica.
	Kantor et. al.	Sem menção a ondulatória ou ondas.
	Stefanovis	Volume 2: Unidade 3. Oscilações, ondas e acústica: Oscilações e ondas; Acústica.
	Sant’anna et. al.	Volume II: Unidade 6 – Oscilações e ondas: O movimento harmônico simples; Fenômenos ondulatórios; Fenômenos sonoros: a música e o efeito Doppler.
Penteado; Soares; Ferraro	Volume 2: Unidade II: Ondas: Som e Luz: Ondas; Acústica.	

Destes quatorze livros didáticos aprovados no PNLEM/2015 é importante ressaltar que, em dez deles, o conteúdo de oscilações e ondulatória aparece como última unidade na sequência disposta no sumário do referido livro. Geralmente, o livro didático adotado, para a disciplina de Física, no ensino médio é seguido à risca e não raro falta tempo para cumprir

todo o programa estabelecido para a disciplina de Física. Como sugerido nos livros, na maioria das escolas públicas, o conteúdo de oscilações e ondulatória é, usualmente, ministrado no final do ano letivo. Frequentemente devido às restrições de carga didática, o professor não consegue completar todo o programa e acaba por suprimir o último tópico da sequência, sendo, neste caso, oscilações e ondulatória.

Desta forma, destacamos a necessidade de novas abordagens que otimizem o aproveitamento do tempo em sala de aula. Sugerimos, neste caso, o uso da metodologia da sala de aula invertida (MSAI), que pode ser uma solução para este tipo de problema pois, em uma MSAI o contato inicial do aluno com o conteúdo é feito antes da aula presencial, otimizando o tempo em sala de aula, uma vez que o assunto já é conhecido pelo estudante dispensa a apresentação feita pelo professor em sala de aula. Outrossim que o estudante pode refletir sobre o assunto, formular perguntas e ter um papel mais ativo quando, posteriormente, em sala de aula, for debater com colegas e professores.

Sendo assim, nossas AD podem ser uma solução para o problema falta de tempo hábil para cumprir o programa curricular. Desta forma justificamos a escolha dos periódicos, ou seja, escolhemos estes periódicos para pesquisar se, a nível nacional, já era conhecido o problema de falta de tempo e se havia alguma possível solução conhecida.

Porém, mesmo para professores que não enfrentam o problema de falta de tempo, o nosso curso sobre oscilações e ondulatória pode ser muito útil. Para os docentes que conseguem incluir o conteúdo ondulatória em sala de aula, as AD podem ser eficientes como recurso didático para complementação do conteúdo e como forma de minimizar o problema da falta de laboratório didático de Física nas escolas. É importante ressaltar que a maioria das escolas públicas de EM não possuem laboratório didático de Ciências devido ao seu alto custo para aquisição e manutenção, porém, se não todas, a maior parte delas possui laboratório de informática.

A fim de reforçar o que afirmamos, na figura 3 mostramos dois exemplos de sequência didática aconselhada, para a disciplina de Física, no EM. Estes exemplos estão disponíveis nos PCN+ da Física e foram elaborados a partir dos temas estruturadores citados nesse documento oficial.

Figura 3 – Sequências didáticas aconselhadas nos PCN + Física.

Exemplo 1:

	1ª série	2ª série	3ª série
1º semestre	F1. Movimentos: variações e conservações	F3. Equipamentos eletromagnéticos e telecomunicações	F5. Matéria e Radiação
2º semestre	F2. Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia	F4. Som, Imagem e Informação	F6. Universo, Terra e Vida

Exemplo 2:

	1ª série	2ª série	3ª série
1º semestre	F2. Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia	F1. Movimentos: variações e conservações	F5. Matéria e Radiação
2º semestre	F4. Som, Imagem e Informação	F3. Equipamentos eletromagnéticos e telecomunicações	F6. Universo, Terra e Vida

Segundo os PCN+ da Física o tema estruturador que engloba o conteúdo de oscilações e ondulatória é o “F4: Som, Imagem e Informação”, que no caso dos sequências aconselhadas apresentadas na Figura 3, está como último conteúdo nos dois exemplos. Consideramos que o fato de o conteúdo de oscilações e ondulatória estar listado como último tópico a ser ensinado na maioria dos livros didáticos e nos documentos oficiais pode ser uma dificuldade enfrentada pelos professores. Na seção 2.4 apresentaremos esta e outras dificuldades encontradas no ensino de oscilações e ondulatória.

2.4 DIFICULDADES NO ENSINO DE OSCILAÇÕES E ONDULATÓRIA

Quando se trata do processo de ensino-aprendizagem e espaço educacional, existem algumas dificuldades inerentes do sistema como, por exemplo, a restrição da carga didática em relação a extensão do conteúdo. Porém, quando pensamos no ensino de ondulatória e oscilações, em particular, observamos algumas dificuldades intrínsecas a este processo. Nesta subseção procuramos discutir alguns destes desafios para a prática docente. Abaixo numeramos alguns deles.

Oscilações e ondulatória são assuntos abordados, geralmente, no final da primeira ou segunda série do Ensino Médio. Nos PCN+ da Física (BRASIL, 2002, p.34) existem três exemplos de sequência aconselhada de conteúdos para os três anos do EM, nestes exemplos percebemos que o conteúdo de Oscilações e Ondulatória está posto como último conteúdo do ano letivo.

Sabemos que o conteúdo programático de Física para um ano letivo do EM é bastante extenso, levando em consideração a carga horária desta disciplina. Muitas vezes falta tempo para cumprir todo o programa. Desta forma, não raro, o professor não consegue passar todo o conteúdo programático e acaba eliminando, praticamente, toda a ondulatória, como já temos exemplos reais.

Além disso, o conteúdo de Oscilações e Ondulatória é muito rico em fenômenos. Sendo assim, uma vez que o fenômeno é entendido, não existem muitos problemas diferentes, somente exercícios que primam pela repetição, optando por quantidade e não qualidade. Se temos muitos fenômenos e conceitos a serem explorados e pouco tempo corre-se o risco de acabar apenas reproduzindo o que está no livro didático, sem muita reflexão.

Através de relatos de estudantes e registros em livros didáticos podemos afirmar que, na maioria dos casos, o ensino de Oscilações e Ondulatória se dá de forma desconexa em relação ao cotidiano dos estudantes. Isso pode ser devido a escassez de tempo do professor para cumprir um programa escolar extenso e fazer um planejamento mais detalhado e contextualizado. Nas AD planejadas buscamos explorar os fenômenos de Oscilações e Ondulatória e fazer uma discussão contextualizada com a realidade dos estudantes. Nestas AD procuramos trazer questões e problemas, através dos quais, os estudantes possam refletir e investigar as relações entre os fenômenos observados e seus conceitos subjacentes.

Em particular, a ondulatória apresenta fenômenos dinâmicos que não ocorrem apenas em um ponto, mas sim em uma região do espaço. Livros didáticos e quadro negro, principais recursos usados em aulas tradicionais, representam os fenômenos ondulatórios apenas em imagens estáticas e, desta forma, muitos estudantes têm dificuldades de entendê-los como fenômenos dinâmicos.

Quando se pensa em ondas imediatamente nos vem a ideia de movimento (movimento do mar). A primeira imagem que vem a cabeça dos estudantes quando escutam a palavra onda é a “onda do mar”. Mas, em Física, onda envolve muito mais que água. Por trás desta palavra existe toda uma fenomenologia acontecendo no espaço, associando grandezas e

conceitos. Um ensino de Física expositivo que incentiva a memorização de conceitos e equações matemáticas não é suficiente para que estes fenômenos sejam compreendidos e relacionados com a realidade cotidiana dos estudantes.

Quando o estudante não consegue perceber o fenômeno ondulatório como algo dinâmico, que ocorre no espaço, fica difícil entender os conceitos e grandezas associados a eles. Desta forma, a maioria dos alunos apenas memoriza os conceitos e reproduzem, exatamente, o que lhes foi passado em sala de aula. Por exemplo, o aluno decora que o som é uma onda longitudinal e a luz uma onda transversal, mas não sabe, realmente, qual a diferença entre estes tipos de ondas. Se for para aplicar os conhecimentos memorizados em um contexto diferente o estudante encontrará muita dificuldade. À vista disso, se o aluno não consegue entender os fenômenos ondulatórios, os conceitos associados tampouco serão compreendidos.

O que queremos não é formar um sujeito reprodutivo e com habilidade algébrica na manipulação de dados numéricos, extraídos de enunciados de exercícios. Queremos formar um estudante crítico, reflexivo, capaz de tomar decisões e manifestar suas opiniões. A capacidade de generalização de um problema, feito em sala de aula, para uma situação do cotidiano, vai muito além de resolver inúmeros exercícios com alteração de dados e variáveis. O estudante precisa entender que estudar Física não é algo vazio que só serve para resolver diferentes tipos de exercícios propostos no livro didático.

Buscamos fazer com que o estudante abandone a memorização vaga de conceitos soltos e sem significado. Através das simulações computacionais ele pode ver o fenômeno acontecendo e então relacionar com o fenômeno observado em sua vivência fora da sala de aula. A partir disto ele pode fazer associações com o seu dia a dia e ser mais autônomo e crítico em relação ao que é estudado.

É relevante destacar que não temos a pretensão de que a implementação de atividades didáticas sobre ondulatória e oscilações, permeadas pela inserção de simulações computacionais, animações e vídeos, substituam o método tradicional de ensinar Física. Porém, acreditamos e verificamos que estas promovem uma complementação à aula de Física, em busca de um processo de ensino-aprendizagem com qualidade.

Desta forma, os estudantes tem dificuldades para relacionar o que é estudado na sala de aula com os fenômenos que eles observam no seu dia a dia. O que procuramos é dar um significado ao estudo de oscilações e ondas e fazer isso de uma forma articulada com o

cotidiano dos estudantes. Acreditamos que através das AD implementadas esta dificuldade foi sanada.

O que nós queremos formar não é um sujeito reprodutivo e que possua habilidade algébrica na manipulação de dados numéricos, extraídos de enunciados de exercícios. Queremos formar um cidadão crítico, capaz de tomar decisões e manifestar suas opiniões. A capacidade de generalização de um problema feito em sala de aula para uma situação real do seu cotidiano, vai muito além de resolver inúmeros exercícios com alteração de dados e variáveis. O estudante precisa entender que estudar Física não é algo vazio que só serve para resolver diferentes tipos de exercícios propostos no livro didático.

Buscamos abandonar a memorização vaga de conceitos soltos e sem significado para o estudante. Através das simulações computacionais ele pode ver o fenômeno acontecendo e então relacionar com o fenômeno observado em sua vivência extraescolar. A partir disto ele pode fazer associações com o seu dia a dia e ser mais autônomo e crítico em relação ao que é estudado. Na seção 2.5 apresentamos algumas possíveis soluções que encontramos ao longo deste processo de pesquisa sobre o conteúdo.

2.5 POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Nesta seção apontaremos algumas possíveis soluções para os problemas listados anteriormente. É relevante destacar que não temos a pretensão de que a implementação de atividades didáticas sobre ondulatória e oscilações, permeadas pela inserção de simulações computacionais, animações e vídeos, substituam o método tradicional de ensinar Física. Porém, acreditamos e verificamos que estas promovem uma complementação à aula de Física, em busca de um processo de ensino-aprendizagem com qualidade.

Acreditamos que a simulação por si só não é a solução para todos os problemas didáticos. Existem outros fatores que devem ser levados em consideração. O trabalho deve ser direcionado para que os estudantes não percam o foco do estudo e o uso da simulação não se torne uma brincadeira para eles. É importante partir de algo que o estudante conheça e que faça parte do seu cotidiano para que ele se envolva com a atividade. A AD deve ser desafiadora para que o estudante se interesse pela mesma. Nesta subseção discutiremos algumas soluções possíveis para minimizar as dificuldades listadas na subseção 2.4.

Uma solução possível para a falta de tempo para cumprir o conteúdo programático são as atividades extraclasse. Ademais, estas são importantes para desenvolver a autonomia do estudante, fazendo com que ele pense no problema e vá para a aula com mais dúvidas. Quando o estudante formula dúvidas, ele pode se interessar mais pelo assunto, pois é algo que lhe deixa intrigado e então, possa discutir com o professor e os colegas. Assim, os estudantes podem refletir individualmente de forma autônoma, com atividades extraclasse, e depois compartilhar os conhecimentos adquiridos com seus colegas em sala de aula.

Para promover atividades didáticas extraclasse que enfatizem as relações entre os fenômenos e conceitos e sejam interessantes para o aluno é importante utilizar recursos: simulações, experimentação, animações entre outros. A ideia de usar recursos serve para, primeiramente, mostrar o fenômeno para o aluno e então, depois discutir o seu conceito subjacente. Precisamos partir sempre do fenômeno – o que é conhecido pelo aluno – fazendo, assim, com que ele compreenda o que está estudando e, por consequência, se envolva com o conteúdo a ser estudado.

Outra opção seria fazer atividades experimentais, no turno inverso, em laboratório de Ciências. Porém, um laboratório de Ciências é caro e a maioria das escolas públicas não possui. E quando a escola possui laboratório de Ciências, este está tão sucateado que torna-se impraticável propor alguma atividade experimental. Porém, laboratório de informática a maioria das escolas possui, o que possibilita a inserção de simulações computacionais.

Dentre estas soluções possíveis nos amparamos na utilização de simulações computacionais. As simulações computacionais possibilitam que o estudante observe uma representação do fenômeno rodando na tela do computador. Na simulação ele pode ver como o fenômeno ocorre e manipular grandezas para observar o comportamento deste em diferentes situações. O conteúdo de Oscilações e Ondulatória por possuir uma riqueza fenomenológica requer mais descrição de conceitos em vez de cálculos matemáticos. Tradicionalmente, os professores buscam, prioritariamente, descrever os conceitos e com isso os alunos não conseguem compreender o fenômeno “acontecendo” e sua dinamicidade. Somente decorar os conceitos é insuficiente para aprender Física, talvez isso contribua com o desinteresse e falta de estímulo dos estudantes para estudar Física.

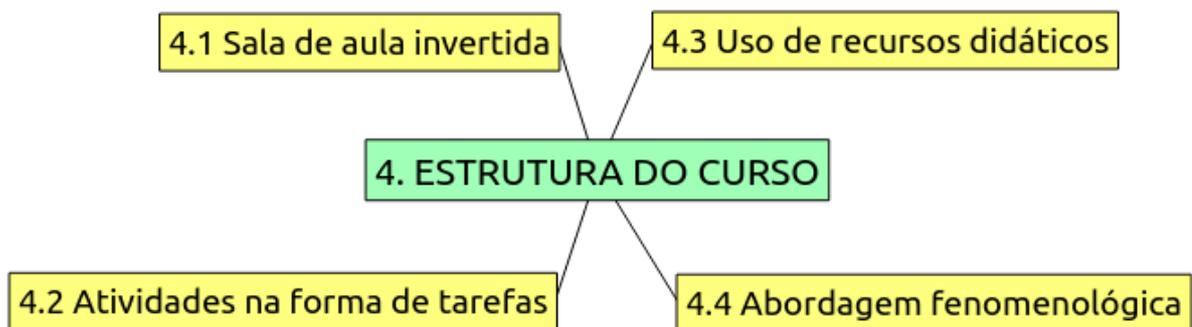
Porém, é difícil prender a atenção dos estudantes através da resolução de exercícios, mesmo que sejam mediados por recursos didáticos como animações e vídeos. Precisamos promover atividades didáticas baseadas em problemas que sejam desafiadores para os

estudantes e favoreçam a observação dos fenômenos e a reflexão sobre seus conceitos subjacentes. Para Pozo (1998), um problema é uma situação que precisamos e queremos resolver, mas não conhecemos o caminho a seguir e ele não é rápido e automático. Resumindo, um problema é uma situação desafiadora que necessita de uma resposta, mas essa resposta não é direta. Para chegar a solução é necessário fazer escolhas, desenvolver a tomada de decisões e seguir um caminho que exige reflexão.

3 ESTRUTURA DO CURSO

Neste capítulo apresentamos e discutimos os quatro pilares que foram a base deste curso sobre oscilações e ondulatória. Todos estes pilares são fundamentais e possuem o mesmo grau de importância no curso, conforme figura 4.

Figura 4 – Estrutura do curso implementado: pilares.



3.1 SALA DE AULA INVERTIDA

Segundo Bergmann e Sams (2012) a sala de aula invertida é um meio de transferir eventos que tradicionalmente eram realizados em aula para fora dela, ou seja, atividades que antes eram feitas em sala de aula, como apresentação inicial do conteúdo, agora são feitas em casa pelo aluno. Na sala de aula invertida, o contato inicial com algum tópico é feito antes da aula em si, de modo que ele pode refletir sobre o assunto, formular perguntas e ter um papel mais ativo quando, posteriormente, em sala de aula, debater com colegas e professores.

Na sala de aula invertida o material usado pelo professor e disponibilizado para o aluno de maneira prévia deve ser cuidadosamente elaborado e/ou selecionado para que o aluno tenha ferramentas, no nível adequado, para que possa cumprir com êxito a etapa inicial do processo de ensino e aprendizado. Não basta dizer para o aluno ler um livro texto que não foi especificamente escrito para um esquema de sala de aula invertida. Neste caso, o aluno ficaria frustrado pois, provavelmente, não teria base para acompanhá-lo sem orientação prévia do professor.

Com um material adequado, a sala de aula invertida é uma abordagem pela qual o aluno fica responsável pelo estudo inicial do tópico em casa, sem o auxílio do professor, e a aula presencial serve para esclarecimentos de dúvidas e aplicação prática dos conceitos estudados previamente em casa pelo aluno (JAIME; KOLLER; GRAEML, 2015).

Na metodologia da sala de aula invertida (MSAI) proposta por Bergmann e Sams (2012) os estudantes devem ter acesso ao conteúdo antes da aula presencial para que possam vir com dúvidas já formuladas. Basicamente o objetivo MSAI, é que os alunos, através do contato inicial com o conteúdo, reflitam sobre o assunto, formulem dúvidas, façam anotações e percebam onde têm dificuldades para que, posteriormente em sala de aula, possam discutir com o professor e colegas.

A MSAI tira o aluno da passividade (BACICH; TANZI NETO; TREVISANI, 2015), faz com que, de fato, ele se envolva com o conteúdo, pois ele precisa ir para a sala de aula conhecendo o que será trabalhado e é ele que aponta onde estão suas dificuldades e suas dúvidas. Porém, isto só é possível se o material usado para a apresentação inicial do conteúdo é adequado. Não basta pedir aos alunos que simplesmente leiam antecipadamente tópicos do livro didático de referência da disciplina, pois em geral, estes não foram elaborados tendo em vista uma leitura autônoma e independente da intermediação do professor.

Deste modo, é de fundamental importância a escolha adequada do material a ser disponibilizado ao estudante em um curso ministrado na metodologia MSAI (JAIME; KOLLER; GRAEML, 2015). O material deve estar em um nível adequado para que os alunos possam ter um entendimento inicial do assunto e consigam formular dúvidas específicas que serão, em um segundo momento, discutidas em sala de aula. Com um material em um nível muito acima da capacidade média dos alunos ou não especialmente preparado para a metodologia MSAI, os alunos não vão efetivamente ter uma compreensão inicial do que será tratado em sala de aula e o processo como um todo resultará apenas em frustração para os estudantes.

Quadro 4 – Sala de aula invertida

SALA DE AULA INVERTIDA			
Antes da Aula		Durante a aula (encontro presencial)	Depois da Aula
Professor	1. Escolhe o conteúdo; 2. Prepara o material didático; 3. Disponibiliza aos alunos;	4. Esclarece as dúvidas; 5. Discute os problemas;	6. Avalia as atividades realizadas; 7. Analisa os resultados; 8. Replaneja a próxima atividade.
Estudante	1. Acessa o material; 2. Estuda o conteúdo; 3. Formula dúvidas;	4. Apresenta as dúvidas; 5. Resolve problemas práticos;	6. Revisa o conteúdo; 7. Corrige seus erros.

FONTE: Adaptada de SCHMITZ, 2017.

Neste trabalho apresentamos resultados encontrados após a implementação de um curso, em que utilizamos uma MSAI. Implementamos o curso introdutório de oscilações e ondulatória em uma escola pública de nível médio. O referido curso é composto por quatorze atividades didáticas (AD) disponibilizadas em ambiente eletrônico (Figura 5) (<http://boltz.ccne.ufsm.br/st12>), onde estão disponíveis de modo aberto⁴. Todas as atividades são mediadas por recursos didáticos e implementadas na perspectiva metodológica da sala de aula invertida.

4 Para conhecer as Atividades Didáticas é preciso acessar o site <http://boltz.ccne.ufsm.br/st12> e clicar na barra de menu no link “Atividades Abertas”.

Figura 5 – Imagem da tela inicial das atividades no site.

Atividades

Ver Editar

Apresentação

Neste site apresentamos atividades didáticas baseadas na resolução de problemas de Física, com mediação de simulações computacionais. O conteúdo abordado é Oscilações e Ondas. Estas atividades didáticas foram planejadas e elaboradas para implementação no ensino médio.

Oscilações e Ondas

- Atividade 1 - Movimento Periódico
Data prevista: TURMA A- 09/03 e 18/04; TURMA B- 11/04 e 26/04; TURMA C- 18/04 e 27/04;
- Atividade 2 - Fenomenologia de um pulso de onda
Data prevista: TURMA A- 20/03 e 18/04; TURMA B- 11/04 e 26/04; TURMA C- 18/04 e 27/04;
- Atividade 3 - Grandezas relacionadas a uma onda
Data prevista: TURMA A- 03/04 e 18/04; TURMA B- 24/04 e 03/05; TURMA C- 26/04 e 04/05;
- Atividade 4 - Ondas Transversais e Longitudinais
Data prevista: TURMA A- 18/04 e 26/04; TURMA B- 03/05 e 09/05; TURMA C- 03/05 e 11/05;
- Atividade 5 - Ondas Sonoras
Data prevista: TURMA A- 24/04 e 03/05; TURMA B- 08/05 e 16/05; TURMA C- 10/05 e 18/05;
- Atividade 6 - Timbre
Data prevista: TURMA A- 01/05 e 09/05; TURMA B- 18/05 e 23/05; TURMA C- 17/05 e 26/05;
- Atividade 7 - Som, infrassom e ultrassom
Data prevista: TURMA A- 08/05 e 16/05; TURMA B- 23/05 e 30/05; TURMA C- 24/05 e 01/06;
- Atividade 8 - Fenômenos e grandezas
Data prevista: TURMA A- 23/05 e 09/06; TURMA B- 20/05 e 06/06;
- Atividade 9 - Padrão de Interferência
Data prevista: TURMA A- 08/05 e 13/05; TURMA B- 08/05 e 13/05;
- Atividade 10 - Interferência de ondas
Data prevista: TURMA A- 12/05 e 20/05; TURMA B- 12/05 e 20/05;
- Atividade 11 - Ondas Estacionárias
Data prevista: TURMA A- 10/05 e 27/05; TURMA B- 10/05 e 27/05;
- Atividade 12 - Reflexão, refração e difração
Data prevista: TURMA A- 10/05 e 27/05; TURMA B- 10/05 e 27/05;
- Atividade 13 - Efeito Doppler
Data prevista: TURMA A- 10/05 e 27/05; TURMA B- 10/05 e 27/05;
- Atividade 14 - Ressonância
Data prevista: TURMA A- 26/05 e 04/06; TURMA B- 26/05 e 04/06;
- Atividade 15 - Vídeos para identificar ondas
- Questionário
- Questão extra

Este curso foi implementado durante o primeiro semestre letivo de 2016, inicialmente para três turmas da segunda série da rede pública de ensino médio. Em média vinte estudantes participaram do curso, acessando o ambiente regularmente e realizando as atividades didáticas propostas. É importante ressaltar que estes estudantes, participantes do curso, não haviam visto o conteúdo de oscilações e ondulatória antes do referido curso. Os estudantes foram convidados a participar e na realização das AD foram avaliados pelo seu

desempenho. A nota recebida foi incorporada na avaliação da disciplina de Física na escola. O professor da disciplina decidiu o peso do curso na avaliação do estudante, mas não ultrapassou 10% da nota final da disciplina.

As AD sempre foram disponibilizadas anteriormente ao encontro presencial, que acontecia semanalmente. A área de conhecimento escolhida foi oscilações e ondulatória. A escolha desse conteúdo foi motivada pela quantidade de fenômenos naturais e conceitos físicos relacionados a esse conhecimento, pela extensão do conteúdo e restrições de carga didática da disciplina de Física no Ensino Médio. Citamos, também, como motivação na escolha a escassez de materiais didáticos nesta área que possam servir de apoio ao professor.

Para o ensino do conteúdo de oscilações e ondulatória procuramos associar seus fenômenos com os conceitos adjacentes, articulando simulações computacionais, animações e vídeos. Incorporamos os recursos didáticos as AD para possibilitar aos estudantes a observação dos fenômenos físicos em uma representação gráfica na tela do computador. A observação dos fenômenos físicos é algo inato do ser humano, ele naturalmente observa o mundo ao ser redor. Procuramos através da MSAI, fazer com que o estudante além de observar o fenômeno em uma simulação computacional, animação ou vídeo também faça as devidas relações com as grandezas e conceitos envolvidos, fugindo assim da habitual memorização de fórmulas e reprodução sistemática do livro didático. Nossa concepção de ensino está de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino de Física.

As AD estão disponibilizadas em um ambiente eletrônico, especialmente desenvolvido para este fim, que foi acessado pelos alunos. Este ambiente foi construído usando o software Drupal (<http://www.drupal.org>), que é uma tecnologia de código aberto e flexível, usada para construção de diversos tipos de site. Além da facilidade de configuração, escolhemos o Drupal pela facilidade de implementação de questionários eletrônicos.

As AD apresentadas neste trabalho podem ser vistas como um curso introdutório sobre Oscilações e Ondulatória em nível de Ensino Médio. Em princípio cada AD foi planejada para ser o primeiro contato com os conteúdos apresentados e podem ser feitas pelos alunos de forma autônoma. Como as AD propõem questões e problemas, elas são particularmente úteis em um esquema de sala de aula invertida, pois os alunos vão para a aula presencial com um conjunto de dúvidas já formuladas, além de ideias e conhecimentos para discussões. A proposição de problemas e questões extra-classe para um público altamente conectado também é um fator catalisador de instâncias de aprendizagem colaborativa através

das redes sociais. Caso estas sejam feitas antes das aulas presenciais, estas últimas podem ser realizadas para promover discussões em nível mais profundo e eventualmente promover sínteses dos conteúdos abordados.

Ademais a MSAI estimula a autonomia do estudante, pois antes de ir para a aula presencial ele reflete sobre o conteúdo sem a intermediação do professor e formula suas próprias dúvidas. Além disso, ele pode pesquisar além do material didático disponibilizado pelo professor e ter discussões prévias com seus colegas sobre o assunto a ser estudado, facilitando o diálogo e a participação em sala de aula.

Em nosso curso de oscilações e ondulatória as quatorze AD foram planejadas para serem a etapa inicial da MSAI, ou seja, antes da introdução formal de cada tópico no encontro presencial os alunos devem realizar uma determinada AD que está estruturada na forma de questões que foram elaboradas em torno recursos didáticos específicos. Estes recursos, conforme já citamos, podem ser simulações, vídeos ou animações e tem por objetivo apresentar os fenômenos físicos específicos que desejamos ensinar. Desta forma, a estrutura das AD faz com que:

1. Os alunos tenham contato e, no caso de simulações computacionais, explorem a fenomenologia dos assuntos a serem trabalhados. Em Física é importante apresentar os fenômenos físicos para que a discussão dos conceitos no encontro presencial tenha significado para os estudantes.

2. Os estudantes possam elaborar dúvidas específicas e pontuais para serem levadas para os encontros presenciais.

Levando em consideração a estrutura das AD, investigamos também a receptividade, por parte dos estudantes, da proposta de uso de uma MSAI na primeira implementação da sequência de AD desenvolvida.

3.2 ATIVIDADES NA FORMA DE TAREFAS

Segundo Prabhu (1987), a definição de tarefa é:

uma atividade que requer uma resposta a ser dada pelos alunos a partir de uma informação previamente fornecida por meio de algum processo de pensamento e que permite aos professores controlar e regular esse processo. (PRABHU, 1987, p.24)

Concordamos com a definição do autor. Acrescentamos que ao requerer uma resposta, a atividade, na forma de tarefa, requer uma produção do aluno. Para produzir uma resposta é importante que o estudante conheça e compreenda o conteúdo previamente, o que nos remete a definição de sala de aula invertida, apresentada na seção 4.1 do capítulo 4.

Desta forma, mostramos que há uma relação entre atividades disponibilizadas na forma de tarefas e sala de aula invertida. Para que as atividades sejam resolvidas de forma satisfatória, a sala de aula invertida atua como protagonista. Ressaltamos que atividades na forma de tarefa despertam habilidades nos estudantes que são fundamentais para a aprendizagem. Essas habilidades também são valorizadas na MSAI, como autonomia para chegar a uma resolução, envolvimento com o conteúdo, motivação para descobrir a solução e aplicação prática das tarefas em situações do seu cotidiano.

3.3 USO DE SIMULAÇÕES, ANIMAÇÕES E VÍDEOS

Ao longo do texto, especialmente na seção 1.1, em que justificamos as escolhas metodológicas e didáticas do nosso curso, já abordamos de forma efetiva como se deu e o porquê do uso de simulações computacionais, animações e vídeos. Porém, por ser um dos pilares fundamentais do curso, que apresentamos neste capítulo, vamos retomar a discussão sobre os recursos didáticos.

Segundo Tarouco (2014, p.9) “se de um lado cresce continuamente no país a disponibilidade de soluções para uso educacional das TIC, o mesmo não se pode afirmar em relação à disponibilidade de conteúdo educacional digital”, ou seja, mesmo que o uso das TIC seja bastante discutido e existam vários repositórios com estes recursos disponíveis, ainda não temos muitos materiais didáticos “prontos” para aplicação em sala de aula. Neste contexto, consideramos o nosso curso uma inovação em relação ao material didático elaborado e disponibilizado de forma aberta na Internet para ser usado por professores e estudantes no ensino-aprendizagem de oscilações e ondulatória.

Além disso, as características deste material e a mediação de simulações computacionais pode contribuir para despertar o interesse do estudante pelo aprendizado. Salientamos que este material foi cuidadosamente pensado, planejado e elaborado, como qualquer planejamento de aula, a seleção dos recursos didáticos (simulações, animações e

vídeos) foi definida a partir dos objetivos didáticos de cada AD, levando em consideração onde se queria chegar com a implementação da referida AD.

A escolha do recurso didático foi feita tendo como base os princípios do projeto instrucional de Gagné et al. (2005), conforme quadro 5.

Quadro 5 – A escolha dos recursos educacionais e sua incorporação nas AD.

RECURSOS DIDÁTICOS	
Por que?	Facilitar a visualização dos fenômenos; Proporcionar dinamicidade a aula; Incentivar a participação e autonomia dos estudantes.
Para quem?	Escolha do público-alvo: estudantes do Ensino Médio. (suas habilidades, conhecimentos, estilos preferenciais de aprendizagem, estilos cognitivos) (TAROUCO, 2014, p.24)
Como?	Estratégias de ensino-aprendizagem adotadas, como a MSAI, por exemplo.
É possível?	Verificar a disponibilidade de estrutura da escola; Se os estudantes estão familiarizados com o uso da Internet.
É eficiente?	Verificar se o recurso cumpre com os objetivos didáticos da AD e desperta o interesse dos estudantes.
Grau de interatividade	Opção por simulações, animações ou vídeos levando em conta o quanto o estudante precisa se envolver e manipular o recurso didático escolhido.

A simulação computacional exige que o aluno tome atitudes, encoraja a autonomia e a ação frente a um problema que ele tem interesse em resolver. Ele precisa manipular a simulação, considerando o seu próprio tempo, para solucionar o problema ou questões propostas. Nossa principal preocupação é que ele consiga relacionar os conceitos com os fenômenos e para isso ele precisa se tornar parte ativa e responsável no processo de sua própria aprendizagem. Conforme sugerem Bulegon e Mussoi (apud TAROUCO, 2014, p. 55):

O professor tem, neste caso, o desafio de propiciar condições que permitam ao estudante buscar por si mesmo os conhecimentos e experiências necessários para a aprendizagem, a partir das suas necessidades e interesses. A ideia é a de que o estudante aprende melhor quando envolvido numa interação ativa com o seu objeto de estudo. Não se trata apenas de aprender fazendo, trata-se de motivar o aluno na resolução de problemas reais em que seja mobilizada a sua atividade intelectual, de criação, de expressão verbal, escrita ou de outro tipo.

Como já citado anteriormente, os alunos que estão chegando, atualmente, no EM são os ditos Nativos digitais. Assim, acreditamos que um modo de prender a atenção dos estudantes na aula e torná-la interessante é através da utilização de vídeos e animações. Além

disso, conforme já sabemos, a dinamicidade do conteúdo de ondas é de difícil visualização em meios tradicionais de ensino (quadro-caderno-livro).

3.4 ÊNFASE EM FENÔMENOS

No ensino de Física é importante a apresentação e resolução de tarefas relacionadas ao cotidiano do educando, partindo da visualização dos fenômenos físicos para, posteriormente, a discussão dos conceitos relacionados. Acreditamos que mediar a resolução de problemas com simulação computacional, animação e vídeo é uma das formas de dar maior eficácia às aulas regulares de Física. Desta forma, esses recursos educacionais (simulação, animação e vídeo) são inseridos para representar o fenômeno, motivar e manter a atenção do estudante na atividade didática a ser realizada, buscando fazer com que o estudante compreenda o fenômeno abordado.

A realidade das aulas de física, hoje em dia, não condiz com as reais necessidades e transformações do ensino na atualidade. Pois o conhecimento físico ainda é tratado como enciclopédico, resumindo-se a um aparato matemático que, normalmente, não leva à compreensão dos fenômenos físicos e ainda, acaba por causar aversão pela disciplina. (MORAES, 2009, p. 2)

Nesta pesquisa optamos por manter uma abordagem fenomenológica do conteúdo de oscilações e ondulatória. Acreditamos que o estudante somente compreenderá os conceitos e grandezas se compreender anteriormente o fenômeno a que estão relacionados. Todas as perguntas tarefas planejadas remetem o aluno para que busque a resposta através da análise do fenômeno que está simulado ou exibido na AD por algum recurso didático. As questões são formuladas da forma mais aberta possível, não raro admitindo mais de uma solução. Principalmente nos casos de questões centradas em simulações, esta é a estratégia que usamos para despertar a curiosidade do aluno para que explore as várias possibilidades que este recurso iterativo possui. Desta forma, ele poderá observar o fenômeno ocorrendo sob várias condições e possibilitando a construção de relações de causa e efeito.

Além disso, uma contextualização do conteúdo com fenômenos observados no cotidiano é muito importante e, neste caso, tem o objetivo de imprimir sentido para o estudante ao que é estudado. Nesse caso, a contextualização parte inicialmente da visibilidade do fenômeno por parte do estudante. Esta visibilidade pode ser em um laboratório didático,

laboratório de informática (através de simulações, animações e vídeos) ou ir a campo fazer observações da realidade.

4. ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo discorreremos sobre os procedimentos metodológicos abordados na nossa pesquisa. A metodologia em si foi adaptada, tendo como base a Pesquisa de Design Educacional⁵ e a pesquisa ação sobre as quais nos permeamos na elaboração e implementação da nossa investigação.

4.1 METODOLOGIA DE PESQUISA

A Pesquisa em Design Educacional (PDE) ainda é pouco conhecida a nível nacional. Na PDE devemos partir de um problema prático encontrado em situação real, no ambiente escolar. Por se desenvolver em um ambiente real e complexo, a PDE não permite a manipulação de dados e o controle de variáveis. A PDE abrange um estudo sistemático envolvendo as etapas de produção, desenvolvimento, implementação e avaliação de intervenções educacionais, em sala de aula.

A PDE, segundo Richard et. al. (2002), é um gênero de pesquisa que aborda **problemas concretos em ambientes reais**. Testar e gerar hipóteses e/ou teorias deveria ser o objetivo de qualquer pesquisa ou investigação, não é diferente com o PDE. Dentre os objetivos da PDE, também estão desenvolver ferramentas didáticas úteis e utilizáveis e promover avanços práticos e teóricos. Também, é necessário que o problema seja resolvido cientificamente e tenhamos a garantia sobre a validade das conclusões geradas. Uma vez que a PDE é realizada em ambientes escolares reais e complexos, que não permitem o uso de métodos de investigação baseados em relações de causa e efeito, que tradicionalmente são tidos como requisitos para se produzir ciência de alta qualidade, como podemos garantir a validade científica das conclusões obtidas?

De acordo com o artigo de Shavelson et. al. (2002), narrativas podem ser empregadas em muitas PDE, como uma forma de contornar esse problema, já que por meio delas seria possível justificar os achados e comunicar de forma rigorosa as conclusões das pesquisas conduzidas em contextos reais. Contudo, de acordo com o autor, isso não se justifica, uma vez que essa estratégia em si mesma não garante a validade e a autenticidade das conclusões geradas na PDE. Os autores propõem um quadro de referência, segundo o qual as questões de

5 Tradução nossa.

pesquisa propostas na PDE evoluem no tempo e, por conseguinte, os instrumentos e métodos de investigação também se alteram em consonância com essa evolução.

Para de fato ocorra a pesquisa ação, é importante que o investigador se veja como parte da realidade educacional que investigará, por isso, o diálogo é um conceito fundamental para a construção da investigação. No caso desta pesquisa, a investigadora não estava incluída na realidade educacional desta escola, visto que não era professora regente das turmas, porém com a implementação do curso foi possível dialogar com os professores regentes e desta forma, foi possível construir a investigação como parte daquela realidade educacional.

Porém, acreditamos que é importante a ação individual para a construção de um contexto social e colaborativo. A ação individual se torna ferramenta da investigação na realidade concreta daquele indivíduo, mas colaborando para a construção de um conhecimento coletivo. Para isso, é importante que o indivíduo seja participativo, constituindo-se coautor interessado nos problemas práticos e na melhoria da realidade coletiva (ZUBER –SKERRITT, 1992). Nessa tese, descrevemos os passos que fundamentaram a nossa prática escolar na implementação deste curso, como também a reflexão realizada no grupo de pesquisa ao término de cada AD e avaliação da eficiência das mesmas, para que ocorra a efetiva participação dos estudantes.

Atualmente, torna-se difícil falar em ação colaborativa e desenvolvimento da autonomia sem falarmos da integração das tecnologias da informação e comunicação no processo escolar. Para isso, salientamos a importância de incorporar, na prática escolar cotidiana, recursos didáticos mediadores e potencializadores (simulações computacionais, animações, vídeos, textos científicos, etc) deste processo de construção educacional autônoma e colaborativa.

Através da discussão anterior percebemos que há uma aproximação entre a PDE e a pesquisa ação, com isso apresentamos um paralelo entre a PDE e a pesquisa ação, destacando em que medida estas metodologias de pesquisa se aproximam ou se distanciam, na nossa visão de pesquisa.

Justificamos que nessa tese, visamos o desenvolvimento de uma solução científica e ideal para o problema em qualquer contexto, considerando a mesma realidade. Considerando esse aspecto, desenvolvemos, implementamos e avaliamos um curso introdutório sobre oscilações e ondulatória para solucionar o problema da falta desse conteúdo para alunos da segunda série do EM. Verificamos e consideramos que essa foi a solução ideal para este

momento. Vale ressaltar que nesta primeira implementação, o professor pesquisador não era o professor regente da turma.

Apesar da maior aproximação com a PDE, no caso específico deste trabalho, nosso grupo de pesquisa, MPEAC, possui uma metodologia própria. A metodologia praticada pelo nosso grupo é adaptada, tendo como base a metodologia citada e descrita neste capítulo, e com vistas para resolução de problemas em sala de aula. Desta forma é válido e coerente considerar que, nossa metodologia, possui semelhanças com a metodologia PDE. À vista disso, a metodologia que permeia as pesquisas realizadas pelos integrantes do grupo MPEAC, que envolve o desenvolvimento de atividades didáticas apresenta as seguintes etapas:

1. Identificação de um problema real em sala de aula através de pesquisa bibliográfica e contatos com professores em exercício.
2. Construção de um conjunto de AD com objetivos didáticos bem definidos que buscam resolver os problemas identificados na etapa anterior.
3. Análise prévia das AD dentro do grupo de pesquisa.
4. Eventualmente, realização de aplicações piloto das AD com público selecionado e posterior análise de seus resultados.
5. Reelaboração eventual das AD após análises realizadas dos itens 3 e 4.
6. Apresentação das AD a professores que enfrentam as dificuldades identificadas anteriormente e são convidados a usá-las, com eventuais modificações e adaptações em sua particular realidade escolar.
7. Os resultados da aplicação são analisados com objetivo de verificar se na prática escolar as AD cumpriram os objetivos didáticos estabelecidos. Eventualmente, esses resultados podem ser usados para aprimorar as AD.
8. É importante observar, que esta metodologia tem por objetivo que a escola adote as AD em caráter permanente. Logo, após a aplicação das AD também foi analisada a viabilidade da incorporação das mesmas na prática escolar, e eventualmente, o que pode ser modificado para que isso seja possível.

Além da metodologia de pesquisa do MPEAC também seguimos uma metodologia de elaboração para cada AD planejada. Na seção 4.2 apresentamos a metodologia de elaboração seguida para cada AD planejada e disponibilizada do curso que descrevemos no capítulo 3.

4.2 METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DAS AD

As AD foram elaboradas e analisadas em cinco etapas denominadas Análise, Design, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação. Na área de Design Instrucional (DI) esta metodologia é conhecida pelo acrônimo ADDIE (LARSON; LOCKEE, 2014) dado pelas iniciais dos nomes destas etapas em inglês: *Analysis, Design, Development, Implementation e Evaluation*.

Dado que as características gerais e finalidade da sequência de AD já foram especificadas e justificadas nas seções anteriores, cabe nesta seção detalhar a metodologia usada para o desenvolvimento de cada AD que compõe a sequência do curso. Abaixo, detalhamos as etapas da metodologia ADDIE usada por nosso grupo de pesquisa para realizar este tipo de tarefa.

1. A etapa **Análise** é formada pelas quatro subetapas detalhadas abaixo:
 - (a) Análise da exequibilidade e receptividade da AD anterior. Esta análise busca ajustar o nível de adequação, dificuldade, carga de trabalho e de interesse da AD em função do resultado de outra AD recém aplicada. (Naturalmente, esta subetapa não ocorre no desenvolvimento da primeira AD de uma sequência.)
 - (b) Definição e análise dos objetivos didáticos da particular AD. Nesta etapa também ocorre a definição do nível de dificuldade e carga de trabalho prevista para sua realização da AD.
 - (c) Definição e análise de outros conhecimentos e habilidades necessários para aprendizagem dos tópicos definidos na subetapa anterior. Por exemplo, neste momento, determina-se quais fenômenos devem ser focalizados para que os conceitos que se quer ensinar, definidos na subetapa anterior, possam ser compreendidos.
 - (d) Busca, seleção e análise de recursos didáticos facilitadores e potencializadores para o processo de aprendizagem dos tópicos definidos nas subetapas anteriores. Por exemplo, busca na Internet de simulações, vídeos ou animações capazes de representar os fenômenos cujos conceitos relacionados se quer ensinar. Caso nada seja encontrado, e seja factível, elabora-se um recurso didático próprio.

2. Na etapa **Design** definem-se os meios pelos quais os recursos didáticos encontrados na etapa anterior devem ser usados para atingir os objetivos didáticos especificados. Nesta etapa planejam-se:

- (a) a estrutura completa da AD;
- (b) as necessidades e características do(s) texto(s) contextualizador(es);
- (c) necessidades e características(s) de textos explicativos e/ou acessórios aos recursos didáticos selecionados na subetapa 1 (d);
- (d) características das questões e problemas a serem propostos.

3. A etapa **Desenvolvimento** é formada pelas três subetapas detalhadas abaixo

- (a) Elaboração de textos de acordo com as especificações dadas nas etapas 2 (b) e 2 (c).
- (b) Elaboração de questões e problemas de acordo com as especificações dadas na etapa 2 (d).
- (c) Organização do material próprio produzido nas etapas 3 (a) e 3 (b), juntamente com os recursos selecionados na etapa 1 (d) em um formulário eletrônico de acordo com a estrutura definida na etapa 2 (a).
- (d) Inserção de questionário de opinião. Com o objetivo de coletar dados sobre a receptividade da AD, insere-se ao final da mesma um bloco com questões de opinião (Figura 6), que solicita ao aluno que classifique a AD através de uma nota de 1 a 5 segundo os critérios de *trabalho*, *dificuldade*, *interesse* e *de forma geral*. Após a aplicação da AD, as respostas deste bloco são usadas para balizar o desenvolvimento das AD seguintes. Também, o conjunto de dados acumulados de todas as AD é usado na análise da global da sequência.

Figura 6 – Questionário de opinião.

Opinião

em relação ao trabalho: * 1 (nada trabalhosa) 2 3 4 5 (muito trabalhosa)

em relação à dificuldade: * 1 (muito fácil) 2 3 4 5 (muito difícil)

em relação ao interesse: * 1 (muito tediosa) 2 3 4 5 (muito interessante)

de forma geral: * 1 (fraca) 2 3 4 5 (ótima)

4. Na etapa **Implementação** é feita a disponibilização da AD aos estudantes no ambiente de trabalho eletrônico (site), elaborado especificamente para fins didáticos deste curso. É dada, em média, uma semana para que os alunos a resolvam, com uma aula presencial entre a data de publicação da AD e sua data de entrega.
5. Na etapa **Avaliação**, verificam-se os resultados de sua implementação segundo os critérios de exequibilidade e receptividade. Para verificar a exequibilidade acompanhamos o grau de participação dos alunos através da submissão dos formulários eletrônicos e/ou participação nos encontros presenciais (não obrigatórios). A receptividade da AD é analisada pelas respostas dadas no questionário de opinião.

As etapas e subetapas de elaboração das AD se retroalimentam. Em um primeiro momento, na etapa 3 (Desenvolvimento) elabora-se uma AD preliminar, que é posteriormente analisada segundo a sua adesão às especificações dadas na etapa 2 (Design). Este ciclo de Design-Desenvolvimento, se repete até a obtenção de uma AD passível de ser aplicada. Neste estágio, a AD é considerada uma versão piloto e passa a ser analisada segundo sua capacidade de atingir os objetivos didáticos definidos na etapa 1 (Análise). Eventualmente, a AD piloto é aplicada em grupos restritos formados, por exemplo, por alunos de graduação voluntários ou participantes de projetos de iniciação à docência. Caso a análise dos resultados da AD piloto não gerar resultados satisfatórios, reinicia-se o ciclo de Design-Desenvolvimento. Se este

processo não convergir para um AD piloto capaz de atingir os objetivos didáticos, o processo é retomado a partir da primeira etapa.

A etapa de Implementação descrita acima trata de cada AD individualmente. Naturalmente, é preciso que, previamente, se tenham definidas as condições de implementação da sequência de AD. Esta implementação envolve a seleção da escola, apresentação das AD aos professores e alunos e a discussão da forma de como a sequência de AD será inserida na disciplina: se a realização das AD é optativa ou obrigatória, se seus resultados serão avaliados, se a avaliação será usada para compor a nota do aluno, etc.

Para a avaliação da receptividade da sequência de AD como um todo convidamos os alunos a participar de uma entrevista individual, não obrigatória, que se realizou após a aplicação da última AD. Desta forma, pudemos coletar informações adicionais sobre as impressões e considerações dos alunos ao final do processo.

5. AS ATIVIDADES DIDÁTICAS DESENVOLVIDAS

Neste capítulo apresentaremos as atividades didáticas elaboradas e implementadas ao longo deste trabalho. Ressaltamos que todas as atividades estão disponíveis de modo aberto em um link do menu no nosso ambiente de trabalho, no endereço <http://boltz.ccne.ufsm.br/st12/?q=node/65>. Lembramos que para cada atividade didática planejada escolhemos um recurso didático na forma de simulação computacional, animação ou vídeo que será descrito de forma mais detalhada nos itens que seguem.

5.1 O CONJUNTO DE AD

O conjunto de atividades didáticas de Física, sobre oscilações e ondas, possui certos atributos que consideramos essenciais para caracterizar nosso trabalho. Em cada uma das quatorze atividades seguimos uma regularidade na elaboração, implementação e avaliação das mesmas. Dentre as características gerais destacamos que:

- as atividades didáticas podem ser feitas sem o auxílio do professor;
- as atividades didáticas foram planejadas a fim de desenvolver a autonomia dos estudantes;
- as atividades didáticas eram disponibilizadas semanalmente;
- tínhamos um encontro semanal para esclarecer dúvidas;
- as atividades foram disponibilizadas no formato de tarefa em ambiente eletrônico.

É importante ressaltar que cada uma das atividades está estruturada em um formato específico, o qual está disponível no quadro abaixo:

Quadro 6 – Estrutura de uma AD

ESTRUTURA DE UMA AD	
Título da Atividade	Parte introdutória, com o objetivo de apresentar o conteúdo e representar o fenômeno que será estudado na referida AD.
Texto informativo sobre o conteúdo	
Simulação, animação ou vídeo	
Instruções para realização da AD	
Questionário sobre o conteúdo	Composto de tarefas.
Questionário de opinião	Para avaliar a aceitabilidade e viabilidade da AD.
Referências e bibliografia	Referências para elaboração da AD.

Cada uma das AD é composta pelos itens apresentados no quadro 6. O primeiro item corresponde ao título de cada AD, o qual, em geral, é o tópico do conteúdo que ela apresenta. Por exemplo, a atividade que tratava sobre pêndulos e MHS, recebeu o título de “Movimento Periódico”. Logo após o título está disponível um texto informativo, composto por texto, equações, imagens, links e/ou áudio, este texto foi elaborado por nós, utilizando várias referências e adaptando para a utilização em uma MSAI. O objetivo deste texto inicial é introduzir o conteúdo da AD e fazer as relações necessárias para a compreensão do conteúdo. Depois deste texto informativo está o recurso educacional (simulação, animação ou vídeo) escolhido para a AD em questão, com o objetivo principal de representar o fenômeno e facilitar a compreensão do conteúdo. Em seguida estão as instruções que os estudantes devem seguir para realizar as AD.

Após a apresentação do conteúdo, representação do fenômeno e instruções para realização da AD está o questionário sobre o conteúdo, no questionário estão disponíveis as tarefas que os estudantes devem realizar. Cada AD contém os recursos necessários para realização das tarefas, sem necessidade de pesquisa externa, porém muitos estudantes pesquisaram informações além da disponibilizada na AD. As tarefas são, geralmente, abertas, muitas vezes admitindo mais de uma solução. Depois do questionário sobre o conteúdo está o questionário de opinião, com o objetivo de avaliar a AD na opinião do estudante sobre alguns itens que julgamos importantes para a pesquisa. Com o questionário de opinião analisamos questões como a aceitabilidade e a viabilidade da AD.

No quadro 7 apresentamos algumas características das AD que compõem o curso, como os objetivos de cada AD e os recursos utilizados em cada uma delas.

Quadro 7 – Características básicas das atividades didáticas

ID	TÍTULO	OBJETIVOS	RECURSOS ⁶
1	Movimento Periódico	Introduzir os conceitos período, frequência e amplitude.	Simulação “ <i>Pendulum lab</i> ” (PHET,a)
2	Fenomenologia de um pulso de onda	Relacionar as grandezas estudadas na AD anterior com os pulsos de onda.	Simulação “ <i>Wave on a string</i> ” (PHET,b)
3	Grandezas relacionadas a uma onda	Observar as grandezas relacionadas a uma onda e associá-las com os fenômenos.	Simulação “ <i>Wave on a string</i> ” (PHET,b)
4	Ondas transversais e longitudinais	Observar a relação entre comprimento de onda, período e frequência e a propagação de uma onda em uma mola.	Vídeo “ <i>Transverse and Longitudinal Waves</i> ” (Animations for Physics and Astronomy)
5	Ondas sonoras	Compreender ondas sonoras e suas propriedades.	Simulação “ <i>Sound</i> ” (PHET, c)
6	Timbre	Entender o timbre e ondas harmônicas.	Simulação “ <i>Fourier</i> ” (PHET, d)
7	Som, infrassom e ultrassom	Relacionar som e infrassom com fenômenos cotidianos, como por exemplo, o exame de ultrassonografia.	Vídeo “ <i>Você ouve bem?</i> ” (Use sua ilusão)
8	Fenômenos e Grandezas	Retomar fenômenos, conceitos e grandezas estudados nas AD anteriores.	Vídeo sem título, (MPEAC, a)
9	Padrão de interferência	Compreender o que é um padrão de interferência e a diferença entre ondas e partículas.	Vídeo “ <i>Dr. Quantum - Fenda Dupla</i> ” (GOIA, 1)
10	Interferência de Ondas	Retomar conceitos da AD anterior e estudar conceitos de interferência construtiva e destrutiva.	Simulação “ <i>Wave-interference</i> ” (PHET,e) e animações “ <i>Pulsos em cordas</i> ” (MPEAC, b)
11	Ondas estacionárias	Entender o que são ondas estacionárias e superposição de ondas.	Animações “ <i>Ondas Estacionárias</i> ” (MPEAC, c)
12	Reflexão, refração e difração	Compreender o conceito de raio de luz e suas propriedades.	Simulação “ <i>Bending Light</i> ” (PHET, f)
13	Efeito Doppler	Compreender o efeito Doppler e os fenômenos a ele associados.	Áudio “ <i>Speeding car horn doppler effect sample</i> ” (Wikipedia) e simulação “ <i>Sound</i> ” (PHET, c)
14	Ressonância	Entender o que é ressonância e como ela pode causar fenômenos, como a queda da ponte de Tacoma.	Vídeo “ <i>Desabamento de ponte por causa do efeito de Ressonância</i> ” (Flisch); vídeo “ <i>Ressonância Acústica</i> ” (Ideia Física) e simulação “ <i>Resonance</i> ” (PHET, g)

6 As referências completas dos recursos creditados nesta coluna a PHET, Animations for Physics and Astronomy, Use sua ilusão, MPEAC, GOIA, Wikipedia, Flisch e Ideia Física são apresentadas no site junto às respectivas atividades didáticas.

No quadro 7 apresentamos resumidamente as características básicas das AD. Neste quadro, a primeira e segunda colunas, respectivamente, estão o número e o título da AD. Na terceira coluna, apresentamos resumidamente, os principais objetivos didáticos da AD. Na quarta e última coluna estão identificados os tipos de recursos didáticos utilizados para apresentar a parte fenomenológica da AD com as respectivas referências.

O conjunto de objetivos didáticos apresentados na tabela mostra que a sequência de AD se estende por praticamente todo o conteúdo programático de assunto ondulatória que deve ser dado no Nível Médio.

5.2 AS AD PLANEJADAS

Conforme já mencionamos, o conteúdo abordado nas atividades foi oscilações e ondulatória. Abaixo falaremos brevemente sobre cada atividade, seu objetivo didático e sobre os recursos utilizados. Conforme segue:

5.2.1 Atividade 1: Movimento periódico

A primeira atividade intitulada Movimento periódico teve como objetivo introduzir as grandezas de período, frequência e amplitude. Para a realização desta atividade foi utilizada a simulação denominada Laboratório de pêndulos disponível em <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/pendulum-lab>. Com a simulação foi possível observar o pêndulo oscilando em outros planetas, na Lua e com aceleração da gravidade igual a zero.

5.2.2 Atividade 2: Fenomenologia de um pulso de onda

A segunda atividade cujo título foi Fenomenologia de um pulso de onda teve como objetivo principal fazer com que os estudantes relacionassem as grandezas estudadas com fenômenos conhecidos, como é o caso do balançar de uma corda e dos dominós caindo um após o outro. Através da simulação designada Onda em uma corda, disponível em <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/wave-on-a-string>, foi possível relacionar o fenômeno de uma corda balançando com a queda dos dominós. Para o caso dos dominós podemos

comparar o balançar da corda com extremidade sem fim, pois não ocorre o fenômeno de reflexão no movimento dos dominós.

5.2.3 Atividade 3: Grandezas relacionadas a uma onda

Grandezas relacionadas a uma onda foi o título que escolhemos para a terceira atividade didática. Com a realização desta atividade esperávamos que os estudantes conseguissem refletir sobre a relação entre grandezas como, por exemplo, período e amplitude com o fenômeno de um barquinho parado no mar (pode não fazer parte do cotidiano de todos, mas certamente esse fenômeno já foi visualizado em vídeos ou filmes) e o balançar de uma corda. Nesta oportunidade utilizamos a mediação tecnológica da simulação Onda em uma corda disponível em <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/wave-on-a-string>.

5.2.4 Atividade 4: Ondas transversais e longitudinais

Nesta atividade em que tratamos de Ondas transversais e longitudinais utilizamos a mediação tecnológica de um vídeo disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Rbuhdo0AZDU> e algumas ilustrações para melhor representação do fenômeno. Neste caso, foi possível observar a relação entre comprimento de onda, período e frequência e a propagação de uma onda em uma mola.

5.2.5 Atividade 5: Ondas sonoras

A quinta atividade didática denominada Ondas sonoras teve como objetivo relacionar conceitos como propagação de onda e seu meio, amplitude de onda e frequência com o fenômeno da fala e da audição. Conceitos como a distância entre a fonte sonora e o ouvinte também foram observados e discutidos, sempre levando em conta os fenômenos de falar e ouvir. Para tanto foi utilizado a simulação computacional designada como Ondas sonoras disponível em <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/sound>.

5.2.6 Atividade 6: Timbre

Nesta atividade intitulada Timbre é possível refletir sobre alguns conceitos importantes para o entendimento de ondulatória. A percepção diferente da mesma nota musical em instrumentos musicais distintos foi muito discutida e muito interessante, pois alguns estudantes tocavam instrumentos musicais e antes desta AD, não haviam percebido esta diferença. A ideia da soma dos harmônicos para formar o som e sobre se nosso ouvido conseguia distinguir os diferentes harmônicos ou somente a soma deles também foi discutida. A mediação tecnológica foi através da simulação Séries de Fourier: fazendo ondas, disponível em <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/fourier>. Através da simulação computacional foi possível reproduzir os harmônicos e perceber o som produzido.

5.2.7 Atividade 7: Som, infrassom e ultrassom

A atividade didática Som, infrassom e ultrassom foi realizada com objetivo principal de relacionar os conceitos de ondas com fenômenos com o exame de ultrassonografia e o processo de audição. A mediação tecnológica foi através do vídeo cujo título é Você ouve bem? Teste seus ouvidos – Faixas de Frequência, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=HkzVxwghiik>. A maioria dos estudantes gostou muito desta atividade, inclusive fazendo relações com séries de televisão.

5.2.8 Atividade 8: Fenômenos e grandezas

Esta atividade consistiu em uma retomada de conceitos e grandezas estudados nas atividades didáticas anteriores. Disponibilizamos um vídeo que representava um fenômeno físico acontecendo em um experimento do Museu de Ciências e Tecnologia da PUC. Através deste vídeo os estudantes deveriam listar as grandezas, conceitos e fenômenos identificados por eles e estudados anteriormente.

5.2.9 Atividade 9: Padrão de interferência

Nesta atividade sobre padrão de interferência utilizamos um vídeo, disponível no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=zKiCEU6P3U0>. O vídeo tratava, basicamente, da dualidade onda-partícula do elétron e do padrão de interferência criado por ondas. A discussão foi bastante produtiva e os estudantes se mostraram interessados no vídeo. Como essa atividade buscamos introduzir o conceito de interferência de ondas.

5.2.10 Atividade 10: Interferência de ondas

A décima AD tratava de interferência de ondas, retomando também conceitos da AD anterior. Os recursos utilizado nesta aula foram uma simulação computacional que está disponível no endereço <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/wave-interference> e um conjunto de quatro animações produzidas pelo professor Ricardo Sauerwein, orientador deste trabalho. Nesta atividade a interferência observada era da luz, diferente da anterior, em que a interferência de ondas aconteceu na água. A ideia da AD foi tratar de interferência de ondas e mostrar que pulsos também interferem. Os estudantes deveriam verificar através dos gifs que existe interferência construtiva e destrutiva.

5.2.11 Atividade 11: Ondas estacionárias

Intitulada Ondas Estacionárias, a décima primeira atividade tinha como recurso educacional duas animações produzidas pelo professor Ricardo Sauerwein. Nesta atividade foi importante que os estudantes percebessem que para existir uma onda estacionária eram necessárias duas ondas interferindo ou se superpondo.

5.2.12 Atividade 12: Reflexão, refração e difração

A AD doze, que tratava dos fenômenos de reflexão, refração e difração, foi muito discutida no encontro de dúvidas porque os estudantes conseguiram relacioná-la com os fenômenos que eles observavam cotidianamente, como o sinal de Internet e TV a cabo. A simulação computacional utilizada está disponibilizada no endereço

<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/bending-light>. A questão da luz como uma onda, já havia sido estudada em atividades anteriores, mas foi bem discutida no encontro de dúvidas e os estudantes conseguiram compreender melhor os fenômenos abordados.

5.2.13 Atividade 13: Efeito Doppler

Na atividade sobre Efeito Doppler utilizamos dois recursos educacionais, um áudio disponível em https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/Speeding-car-horn_doppler_effect_sample.ogg e uma simulação computacional disponível em <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/sound>. O objetivo desta AD foi compreender o efeito Doppler e os fenômenos a ele associados. A questão da ambulância se aproximando e se afastando do ouvinte foi a mais citada, os estudantes relataram compreender esse fenômeno através da atividade apresentada.

5.2.14 Atividade 14: Ressonância

A última AD implementada do conjunto tratava sobre ressonância, esta foi uma das atividades mais discutidas no encontro de dúvidas. Os recursos educacionais utilizados para esta atividade foram dois vídeos e uma simulação computacional disponíveis, respectivamente, nos endereços <https://www.youtube.com/watch?v=5E7T4AlYpNg>, <https://www.youtube.com/watch?v=dclQNcITjC4> e <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/resonance>. O caso da Ponte de Tacoma foi evidenciado no encontro de dúvidas e alguns estudantes relataram compreender o ocorrido somente após a realização da AD.

5.3 SOBRE O DRUPAL

O Drupal é um CMS (Content Management System) ou Sistema de Gerenciamento de Conteúdo, em software aberto (Open Source), usado principalmente para criar e gerenciar sites. Por se tratar de um software aberto ele possui uma comunidade que está constantemente trabalhando para a atualização do mesmo.

Com o Drupal é possível adicionar usuários e criar papéis para os mesmos. Permitindo ou não o acesso a determinado conteúdo, cada usuário possui uma atribuição dentro do site. Alguns podem apenas visualizar enquanto outros podem contribuir no gerenciamento do site, alguns podem produzir e adicionar conteúdos. Edição e remoção de conteúdos, geralmente, são atribuídos somente aos administradores do site.

Além disso, o Drupal é personalizável. Após instalação no servidor é possível escolher os módulos que mais se adaptam ao tipo de site que pretende-se montar. No nosso caso, foram instalados módulos que permitem a elaboração de questionários, envio de arquivos, inserção de links internos e externos ao site, entre outras funcionalidades. A característica fundamental do Drupal para a construção do nosso curso é a facilidade de elaboração de questionários eletrônicos.

Figura 7 – Página inicial do site da pesquisa baseado em Drupal.



5.4 SOBRE O PHET

O PhET (http://phet.colorado.edu/pt_BR/) foi fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman. O projeto PhET Simulações Interativas é mantido pela Universidade do Colorado (EUA). O objetivo é produzir e disponibilizar, gratuitamente, simulações interativas de matemática e ciências, para inclusão em atividades escolares. As simulações PhET baseiam-se em uma extensa pesquisa em educação e um dos objetivos é envolver os alunos,

incentivando a aprendizagem através da exploração e da descoberta. O lema do Phet é o seguinte: “Interaja, Descubra, Aprenda!”.

Arantes et al (2010) destacam o PhET como uma iniciativa de sucesso que produz e dissemina simulações computacionais de Ciências. As simulações do Phet podem ser rodadas na rede ou baixadas para o computador. A maioria das simulações são no formato flash e necessitam do aplicativo Java instalado no computador para rodar. São também compartilhados planos de aulas de professores e atividades didáticas baseadas em suas simulações. Segundo Arantes et al (2010, p. 29), “o grupo do PhET possui uma abordagem baseada em pesquisa, na qual as simulações são planejadas, desenvolvidas e avaliadas antes de serem publicadas no site”. Ainda, Arantes destaca que um dos principais objetivos desse projeto é disponibilizar simulações computacionais de qualidade, previamente testadas e comprovadas como úteis para atividades didáticas.

6. APLICAÇÃO E RESULTADOS

Neste capítulo, analisamos as atividades didáticas através dos resultados obtidos com a aplicação do curso em três turmas do Ensino Médio. Inicialmente descreveremos o perfil da escola de aplicação e, na sequência, o processo de implementação do conjunto de AD. Por fim, analisamos os resultados obtidos, levando em conta os seguintes aspectos: (1) viabilidade e aceitabilidade ; (2) questionários; (3) encontros presenciais.

Aplicamos um questionário a fim de conhecer as opiniões dos alunos sobre as AD. Esse instrumento foi constituído de questões abertas (dissertativas) e fechadas, sendo que estas últimas foram disponibilizadas no final de cada AD, enquanto as primeiras foram disponibilizadas somente após o término do curso. As questões fechadas estavam disponibilizadas em uma graduação da escala do tipo Likert de cinco pontos.

Nos resultados obtidos, levando em conta os três itens listados anteriormente, analisamos a opinião dos estudantes dadas nos questionários a fim de, também, verificar se as atividades cumpriram com seus objetivos didáticos. Ao mesmo tempo, através destes questionários e anotações feitas durante os encontros presenciais coletamos dados que nos permitirão aprimorá-las e estendê-las, bem como analisamos aspectos que foram bem-aceitos pelos estudantes no decorrer do curso.

6.1 CONTEXTO DE APLICAÇÃO E PERFIL DA ESCOLA

A escola em que as atividades didáticas foram implementadas é uma escola pública do interior do Rio Grande do Sul, que denominaremos Escola A. Segundo informações contidas na página da Internet, esta escola é uma Escola Técnica vinculada à Coordenadoria de Educação Básica, Técnica e Tecnológica (CEBTT) da UFSM, desta forma inserida no âmbito do Sistema Federal de Ensino, da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, a qual é subordinada ao Ministério da Educação. A finalidade desta escola é a oferta de Educação Profissional e Tecnológica nos diferentes níveis e nas distintas modalidades de ensino, de modo a articular as dimensões do trabalho, da ciência e da tecnologia. Os cursos ofertados são de formação inicial e de formação continuada, de educação profissional técnica de nível médio e de educação profissional tecnológica de graduação e de pós-graduação. A missão da escola é "Promover a Educação Profissional,

desenvolvendo conhecimento humano e tecnológico". Os estudantes, para ingressarem na referida escola, passam por um processo seletivo, que consiste em prova escrita.

Como, nesta escola, o Ensino Médio está integrado com cursos técnicos, o componente curricular de Física, sofre restrição de carga horária, sendo ministrado apenas nas duas primeiras séries. Usualmente, o conteúdo de oscilações e ondulatória é um tópico que deveria ser trabalhado no final da primeira série, diferentemente das outras escolas em que este conteúdo é o último tópico do segundo ano. No entanto, pela falta de um professor regente e os problemas apontados na seção 2.4, este conteúdo não foi ensinado no ano de 2015. No ano de 2016, um novo professor assumiu a carga didática da segunda série, na disciplina de Física. Em conversa com este professor, a fim de cobrir todo o conteúdo programático de oscilações e ondulatória, figura 8, apresentamos nossa proposta de curso.

Figura 8 – Programa de oscilações e ondulatória da escola.

5. OSCILAÇÕES

- 5.1. Ondas mecânicas e eletromagnéticas; Espectro eletromagnético
- 5.2. Características das ondas (λ , T , f , v)
- 5.3. Equação fundamental das ondas
- 5.5. Ondas sonoras; Processo da audição
- 5.6. Som, infrassom e ultrassom; Qualidades fisiológicas do som
- 5.7. Fenômenos ondulatórios: reflexão, refração, difração, polarização, interferência, efeito Doppler, ressonância.
- 5.8. Movimento Harmônico Simples; Equação do MHS

Para que estes estudantes tivessem o programa completo de Física do EM estabelecemos uma parceria entre o professor condutor e o nosso grupo, MPEAC, que resultou na implementação da sequência de AD apresentada neste trabalho. Vale ressaltar que, durante a graduação em licenciatura em Física, realizei os estágios curriculares obrigatórios nesta escola. Desta forma, conheço a sistemática e políticas da escola. Como estes estudantes só têm aulas de Física no primeiro e no segundo ano, o programa da disciplina torna-se ainda mais extenso que nas demais escolas de Ensino Médio, devido as restrições de carga didática. Pois, em outras escolas públicas, sem integração com curso técnico, o programa da disciplina de Física é dividido em três anos letivos, enquanto nesta escola é dividido em apenas dois.

Para formalizar a parceria entre o nosso grupo e o professor condutor, em um primeiro momento apresentamos a proposta do curso, anexo 1, para o departamento de ensino

e direção da escola, que foi analisado, aprovado e registrado na forma de projeto extraclasse. Conforme já discutimos, no ano anterior (2015) não houve tempo suficiente para cumprir o programa e o conteúdo de ondulatória foi suprimido. Como o último item do programa da primeira série foi suprimido, os estudantes que estavam no segundo ano do Ensino Médio não haviam visto e, provavelmente, não veriam o conteúdo de oscilações e ondulatória. Nossa sequência de atividades didáticas foi planejada, inclusive, para que estudantes que nunca viram o conteúdo também fossem capazes de resolvê-las.

No primeiro dia de aula de Física do ano letivo de 2016, fomos até a escola e convidamos os alunos a participar do projeto, em horário extraclasse, sem prejuízo as aulas regulares da escola. Para incentivar a participação, o professor condutor relatou que utilizaria as notas recebidas nas atividades didáticas na sua avaliação escolar. Segundo ele, os estudantes que participassem do projeto, teriam um ponto na média final da disciplina de Física. Apresentamos o projeto e passamos uma lista para que os interessados colocassem seus nomes e contatos para participar das atividades, esta primeira turma denominamos neste trabalho com Turma A.

Combinamos com o professor da Turma A (nosso contato inicial com a escola) que as AD, em sua turma, seriam avaliadas e suas notas seriam incorporadas com um valor de 10% nas médias bimestrais. Em nossa experiência atribuir nota para atividades didáticas é necessário para que os alunos as interpretem como indispensáveis. Também consideramos que, o fato do valor da nota não ser muito expressivo, permite que o aluno opte por não fazê-las caso perceba que estas não contribuem para seu aprendizado. Desta maneira, o processo de decisão do aluno em fazer ou não o curso consiste em uma medida de seu interesse pela Física e/ou pelo conteúdo.

A sequência de AD do curso também foi apresentada para outros professores que trabalhavam com a disciplina de Física na segunda série desta escola, para que todos estudantes tivessem a oportunidade igualitária de realizar o curso, e estudar o conteúdo suprimido no ano anterior. Desta forma, poderiam participar da implementação do curso 88 alunos, de três turmas diferentes de segunda série que identificaremos neste trabalho como Turma A, Turma B e Turma C, com respectivamente 30, 30 e 28 alunos. Combinamos com o professor condutor das Turmas B e C que as AD seriam recomendadas aos alunos em sala de aula e seriam acompanhadas, em meio eletrônico, pelos estagiários das turmas, mas seus resultados não seriam utilizados para compor a nota de aproveitamento da disciplina.

As AD foram ministradas ao longo de 15 semanas entre 9/03/2016 a 4/07/2016. Combinamos com as turmas que as AD teriam periodicidade semanal, em geral, disponibilizadas aos domingos no nosso ambiente de trabalho (site) com data de entrega até o domingo seguinte⁷, na perspectiva da sala de aula invertida. Também agendamos encontros presenciais semanais, com participação optativa, de uma hora de duração, em média. O objetivo dos encontros presenciais foi esclarecer dúvidas que apareceriam no estudo prévio do conteúdo (MSAI) e discutir assuntos relacionados a cada AD. Os encontros presenciais foram ministrados em dias letivos, em turno inverso a aula regular, nas datas seguintes à publicação das AD no site.

Inicialmente, tivemos uma adesão de, aproximadamente, 93% dos estudantes da Turma A, 47% da Turma B e 10% da Turma C. As atividades foram planejadas e disponibilizadas no site do nosso grupo de pesquisa, em ambiente desenvolvido exclusivamente para este fim. Para acessar o site e, conseqüentemente, as atividades é necessário possuir login e senha. Os estudantes foram cadastrados por nós, segundo dados da lista recolhida em sala de aula. Atribuímos um login e senha a cada um dos estudantes, eles receberam essas informações via e-mail.

Desta forma, totalizamos em três turmas participantes do projeto extraclasse, sendo, em número de estudantes: 28 da primeira turma, 14 da segunda e 3 da terceira. Para realização das atividades conseguimos agendar três laboratórios de informática da escola, onde em cada um havia uma turma diferente em horários diferentes, sem prejuízo as aulas regulares da escola. Combinamos que as atividades didáticas poderiam ser feitas em casa, mas cada turma teria uma hora semanal para esclarecimentos de dúvidas e discussões sobre o conteúdo. Os horários ficaram os seguintes:

1. segunda-feira: Turma B: 15h30min às 16h30min; Turma A: 16h30min às 17h30min;
2. quarta-feira: Turma C: 13h30min às 14h30min.

Ressaltamos que os horários foram escolhidos por cada turma, de modo que todos pudessem participar dos encontros presenciais. O primeiro encontro, segunda-feira, dia 07 de

⁷ Foram ministradas 14 atividades em 15 semanas. O ciclo da primeira AD é necessariamente maior que sete dias, pois é preciso uma aula presencial inicial para a apresentação do ambiente virtual e cadastramento dos alunos no site. Também, foram atendidos pedidos de acréscimo de dias para a realização das AD quando os alunos estavam com acúmulo de tarefas com outras disciplinas, tinham necessidade de estudar para provas, etc.

março de 2016 foi para auxiliar os estudantes a acessarem o ambiente e se familiarizarem com as ferramentas que o mesmo apresenta. Este encontro aconteceu apenas com a Turma A, pois as outras turmas ainda não estavam cadastradas no ambiente de trabalho. Neste dia todos os estudantes compareceram e se mostraram interessados na primeira atividade. No quadro 8 apresentamos uma síntese dos encontros presenciais.

Quadro 8 – Informações sobre os encontros presenciais.

ENCONTRO PRESENCIAL					
AD	Data	Turmas			Observações
		A	B	C	
1	07/03	28	-	-	Familiarização com o ambiente eletrônico.
1	14/03	20	-	-	Os estudantes não sabiam o que era MHS, foi feita uma breve explicação do conteúdo com mediação da simulação computacional; Criou-se um grupo no Facebook para comunicação.
2	21/03	20	-	-	Um aluno que não havia colocado o nome na lista pediu para participar.
3	28/03	9	-	-	Discussão da AD e esclarecimento de dúvidas; Não tivemos encontro no dia 04/06 para que os estudantes da Turma A não ficassem tão a frente em relação as outras turmas.
1	11/04	-	6	-	Familiarização com o ambiente eletrônico; Estudantes se mostraram animados.
1	13/04	-	-	3	Familiarização com o ambiente eletrônico; Estudante do terceiro ano pediu para participar do projeto.
1	13/04	-	6	-	Discussão da AD 01 e esclarecimento de dúvidas.
2	18/04	-	3	-	Discussão e esclarecimento de dúvidas em relação a AD 02.
4	18/04	11	-	-	Um estudante desistiu, alegou falta de tempo para resolver as AD.
2	20/04	-	-	0	Não houveram estudantes presentes da Turma C; Nenhum estudante desta turma realizou a AD 01.
3	25/04	-	4	0	Estudantes perguntam sobre as unidades das grandezas na simulação; Um estudante encontra a unidade de frequência através de regra de três: ele mede o período com o cronômetro e depois encontra uma equivalência para frequência.
5	25/04	8	-	-	Discussão sobre o conteúdo e esclarecimento de dúvidas;
2	27/04	-	-	0	Nenhum estudante compareceu; Não resolveram nenhuma AD no ambiente; Horário também disponibilizado para as Turmas A e B.
6	02/05	9	-	-	Semana de provas na escola; Turma B pediu liberação devido a semana de provas.
4	04/05	-	2	-	Discussão sobre o conteúdo e esclarecimento de dúvidas.
5	09/05	-	0	-	Nenhum estudante compareceu.
7	09/05	12	-	-	Discussão sobre o conteúdo e esclarecimento de dúvidas.
6	11/05	-	3	-	Discussão sobre o conteúdo e esclarecimento de dúvidas;

					Turma A liberada para semana de provas.
7	18/05	-	4	-	Discussão sobre o conteúdo e esclarecimento de dúvidas; Turma A liberada para semana de provas.
8	23/05	-	4	-	Discussão sobre o conteúdo e esclarecimento de dúvidas; Turma A liberada para semana de provas.
8	30/05	9	-	-	Discussão sobre o conteúdo e esclarecimento de dúvidas.
9	06/06 e 08/06	12	4	-	Discussão sobre o conteúdo e esclarecimento de dúvidas.
10	13/06 e 15/06	12	4	-	Discussão sobre o conteúdo e esclarecimento de dúvidas.
11	20/06	12	4	-	Discussão sobre o conteúdo e esclarecimento de dúvidas.
12	27/06 e 29/06	12	4	-	Discussão sobre o conteúdo e esclarecimento de dúvidas.
13	04/07 e 06/07	12	4	-	Discussão sobre o conteúdo e esclarecimento de dúvidas.
14	11/07 e 13/07	4	4	-	Discussão sobre o conteúdo e esclarecimento de dúvidas.

Todos encontros presenciais ocorreram sem adversidades para as turmas A e B e foram muito produtivos em relação as discussões realizadas. No total fizemos quinze encontros semanais com cada turma, os encontros foram essenciais para discussão das atividades e compartilhamento de dúvidas. Sugerimos que os encontros não sejam suprimidos nas próximas implementações. Eles são essenciais no processo de aprendizagem e compartilhamento de conhecimentos.

O caso da desistência dos estudantes da turma C pode ser atribuído ao fato de que o professor da turma, que era estagiário, não incentivou os estudantes a participarem do curso e como, segundo eles, estavam “sobrecarregados” de trabalho optaram por abandonar o curso.

6.2 ANÁLISE DOS DADOS

Esta seção tem como objetivo mostrar os resultados encontrados ao longo da implementação do curso. Estes resultados foram encontrados através da análise dos dados obtidos com os questionários aplicados e respostas dos estudantes as AD.

6.2.1 Identidade dos Estudantes

Primeiramente, esclarecemos que a identidade dos estudantes foi preservada ao longo de toda a nossa pesquisa. Optamos por dar um nome fantasia para cada um dos estudantes. Para os nomes não serem escolhidos aleatoriamente, convidamos os estudantes a realizarem uma pesquisa sobre pesquisadores e/ou cientistas, que se dedicaram a investigação de fenômenos associados ao estudo de oscilações e ondulatória. A pesquisa dos cientistas foi feita pelos estudantes que apresentaram os feitos dos cientistas na área do curso. Alguns estudantes decidiram escolher seu “nome científico” e os outros nós escolhemos o nome ao acaso dentre os citados por eles. Os pesquisadores/cientistas escolhidos pelos estudantes são os seguintes:

1. Buys Ballot – fez a primeira comprovação experimental do Efeito Doppler;
2. Albert Einstein – previu a existência de ondas gravitacionais;
3. René Descartes – publicou a Lei de Snell – Descartes ou Lei da Refração;
4. Johann Christian Andreas Doppler – descreveu, teoricamente, pela primeira vez o Efeito Doppler;
5. Werner Karl Heisenberg – Princípio da incerteza;
6. Heinrich Rudolf Hertz – demonstrou a existência da radiação eletromagnética, criando aparelhos emissores e detectores de ondas de rádio;
7. Peter Higgs – Conhecido pelo Bóson de Higgs, estudou as simetrias da teoria ondulatória.
8. Hippolyte Fizeau – descobriu o efeito Doppler para a luz;
9. Christiaan Huygens – explicou fenômenos como a propagação retilínea da luz, a refração e a reflexão;
10. Jacques Curie e 11. Pierre Curie – irmãos que descobriram o ultrassom;
12. Pierre Simon Laplace – primeiro cientista a medir a velocidade do som, corrigindo o erro de Newton;
13. Michelson-Morley – realizou a experiência sobre a propagação da luz no vácuo;
14. Isaac Newton - realizou um experimento para medir a velocidade do som, porém não considerou dois fatores: a temperatura e a densidade do ar;
15. Olaf Roemer – Primeiro cientista a medir a velocidade da luz;

16. Willebrord Van Roijen Snell – descobriu a relação mostrada na Lei de Snell – Descartes;
17. Thomas Edison – descobriu a lâmpada;
18. Jean Bernard Léon Foucault – inventou um dispositivo para demonstrar a rotação da Terra: conhecido como pêndulo de Foucault;
19. John Tyndall – descobriu que ocorre um “espalhamento” da luz provocado pelas partículas de impureza do ar;
20. Narinder Singh Kapany – inventou a fibra ótica;
21. Otto von Guericke – provou que o som não se propaga no vácuo;
22. Pitágoras de Samos – descobriu que a altura do som produzido por uma corda vibratória depende do seu comprimento;
23. Jakob Bernouilli e 24. Leonhard Euler – demonstraram que a velocidade do som depende do meio em que ele se propaga;
25. Galileu Galilei – descobriu a ressonância.

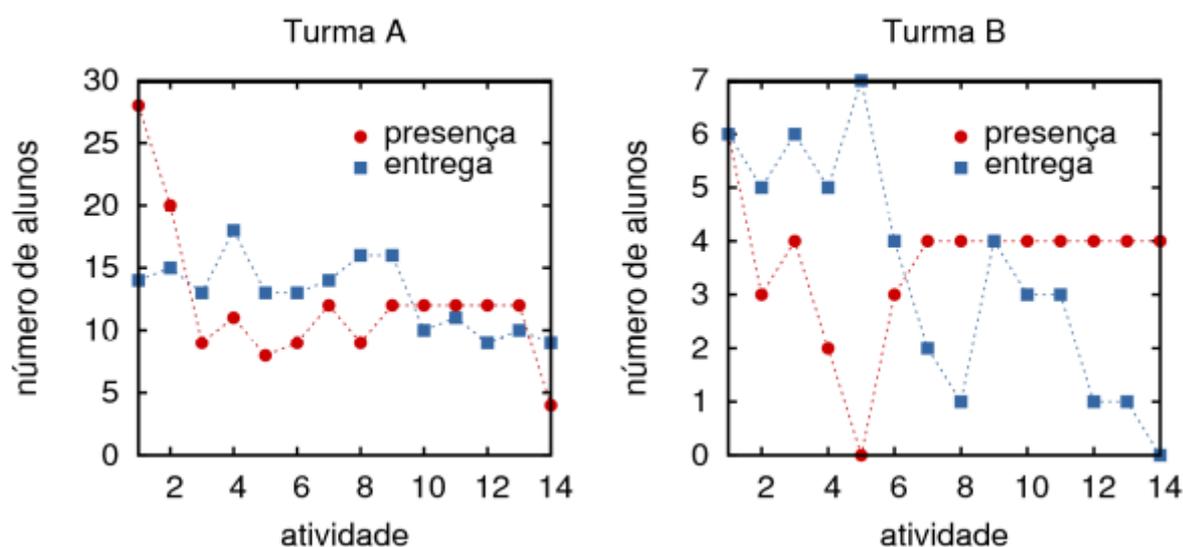
6.2.2 Análise quanto a presença e participação

A participação nas AD foi medida de duas maneiras: comparecimento nos encontros presenciais e envio das atividades. A Figura 9 mostra como foi a participação por atividade das Turmas A e B em gráficos dispostos lado a lado. Comparando estes gráficos (note a diferença na escala vertical), pode-se ver claramente que a participação dos alunos da Turma B foi significativamente menor que a participação da Turma A, o que acreditamos, é uma consequência da forma como as AD foram aplicadas em cada turma. Como discutimos acima, a Turma B considerou as AD optativas e a Turma A, ao receber uma pequena nota, as considerou obrigatórias. Como a diferença de forma na aplicação teve grande impacto na participação dos alunos vamos analisar este aspecto em cada turma separadamente.

Inicialmente vamos analisar a participação da Turma A. O gráfico da esquerda da Figura 9 mostra um contraste muito grande entre a presença nos dois primeiros encontros e o número de questionários submetidos. Este fato é particularmente notável na primeira AD quando 28 alunos (100% da turma) compareceram ao primeiro encontro enquanto apenas 14 questionários foram submetidos.

Desta forma, podemos concluir que os dois primeiros encontros também foram usados pelos alunos para conhecer as AD de modo que pudessem tomar uma decisão informada sobre se iriam ou não fazê-las. Da terceira AD até a penúltima, o comparecimento de um encontro a outro sofreu variações de não mais que 3 alunos. O último encontro presencial teve um comparecimento atipicamente pequeno o que pode ser explicado pela coincidência da aplicação da AD 14 com o final do semestre letivo. Nesta época, geralmente, os alunos se concentram em atividades que têm maior impacto na nota de aproveitamento da disciplina. O número médio de alunos da Turma A nos encontros presenciais foi de 12,1. Mas considerando, pelas razões expostas acima, o período de participação regular como sendo o período que exclui as duas primeiras AD (muitos alunos ainda não haviam se decidido pela participação) e a última (coincidência com final do semestre), o número médio de comparecimento nos encontros presenciais foi efetivamente de 10,7.

Figura 9 – Participação dos alunos das Turmas A (esq.) e B (dir.) em cada atividade didática em termos do comparecimento nos encontros presenciais e da entrega dos questionários.



6.2.3 Análise do questionário de opinião

O número de entrega de questionários dos alunos da Turma A ao longo das atividades, conforme pode ser visto na Figura 9, não apresenta mudanças de padrão que

justifiquem análises separadas análogas às que foram feitas com as presenças. O maior número de entregas ocorreu na AD 4 quando 18 alunos submeteram o questionário e o menor número de entrega foi de 9 submissões. Em média, considerando todas as AD, 12,9 alunos entregaram os questionários. Comparando essa média de entregas com a média de comparecimento nos encontros presenciais regulares (10,7) vemos que para a Turma A o melhor indicador de adesão média (IAM) é a entrega⁸, pois nem todos que entregaram foram aos encontros. Logo, considerando que a turma tem 28 alunos, o IAM percentual foi de 46% da turma (12,9/28).

O IAM é um indicador construído com base no total de alunos da turma, logo é uma grandeza calculada também com os alunos que optam por não fazer as AD. Por isso é interessante definirmos o indicador de permanência média (IPM) como sendo a razão entre o número de entregas nas quatro últimas AD em relação ao número de entrega nas quatro primeiras AD. Desta forma o IPM indica quantos alunos que efetivamente começaram as AD, em média, chegaram a fazer as últimas. Para a Turma A, o valor do IPM foi de 65% (9,8/15), ou seja, 65% dos alunos da Turma A que começaram a fazer as AD permaneceram até o final.

A participação dos alunos da Turma B foi muito menos expressiva. Na Figura 9, vemos que no primeiro encontro compareceram 6 alunos e houve uma entrega também de 6 questionários. Logo, a adesão inicial dos alunos da Turma foi de apenas 20% (6/30) da turma. Ainda na Figura 9, pode-se ver que o número de alunos da Turma B nos encontros se estabilizou em 4 a partir da sétima AD. Como neste período o número de entregas apresentou quedas sucessivas, deixando de haver entrega na última AD, inferimos que partir da metade da sequência de AD os alunos da Turma B não sentiram mais a necessidade de submeter os questionários. Provavelmente, consideraram que as discussões nos encontros presenciais eram suficientes para esclarecer suas dúvidas. Portanto, para a Turma B na qual a entrega não vale nota o melhor indicador de participação⁹ é a presença nos encontros. Em termos dos indicadores definidos no parágrafo anterior, o IAM da Turma B foi de 20%, mas o IPM foi de 66% (4/6), pois 4 dos alunos 6 alunos que começaram as AD compareceram aos últimos encontros. A análise da participação dos alunos mostra que o indicador de permanência média dos alunos, o IPM, das duas turmas são muito parecidos: em torno de 2/3 dos alunos que

8 Esta medida subestima a participação real, pois desconsidera os (poucos) alunos que compareceram aos encontros presenciais e não entregaram as AD.

9 Também esta medida subestima ligeiramente a participação da Turma B, pois não considera os (poucos) alunos que entregaram as AD e não compareceram aos encontros.

participam das AD iniciais, em média, fizeram as AD finais. Logo, vemos que o fato de contar ou não para a avaliação semestral teve impacto apenas na adesão inicial.

Como vimos na Seção Metodologia, ao final de cada AD foi disponibilizado um questionário de opinião que os alunos deveriam responder no momento em que submetiam suas atividades no sistema. As respostas a estes questionários de opinião fornecem indicativos da receptividade das AD pelos alunos. Antes de submeter a AD ao sistema, o aluno deveria classificá-la atribuindo um valor inteiro (nota) de 1 a 5, para quatro critérios: **trabalho**, **dificuldade**, **interesse** e **de forma geral**, onde este último critério deve ser entendido como a nota que o aluno atribui à AD como um todo. Nesta escala, o menor valor que podia ser atribuído a cada um dos critérios é 1. Uma escolha do valor um 1 em todos os critérios, classificaria a AD como nada trabalhosa, muito fácil, muito tediosa e fraca. No outro extremo da escala, a escolha do valor 5, classifica a AD como muito trabalhosa, muito difícil, muito interessante e ótima. O valor 3 corresponde a uma classificação neutra ou média entre as escolhas extremas.

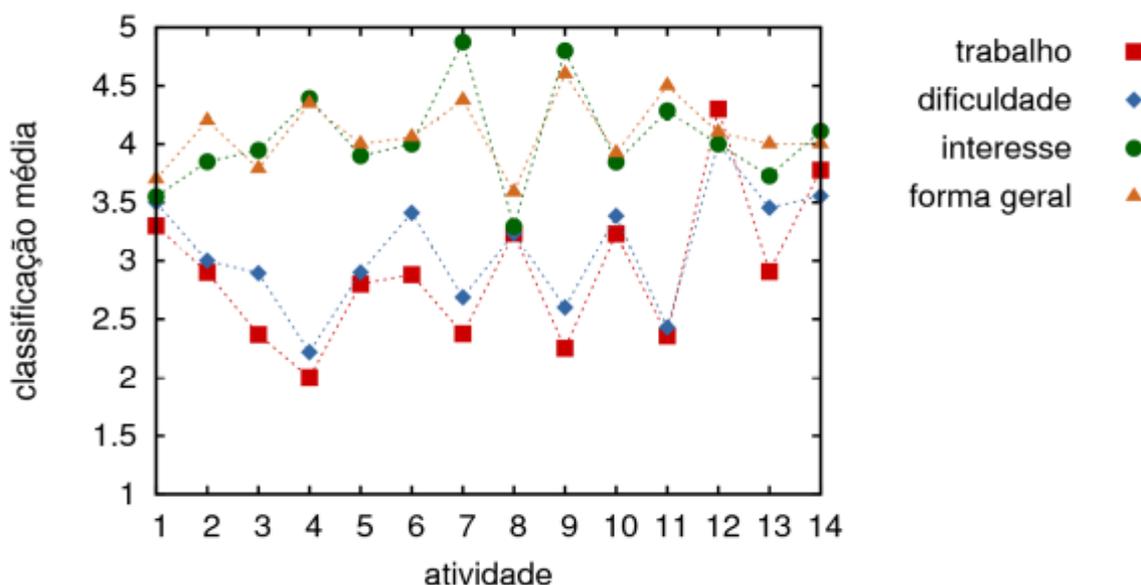
Na Figura 10 apresentamos os valores médios atribuídos pelos alunos a estes quatro critérios em cada AD e na qual podemos ver que houve uma certa variação na forma como os alunos as classificaram. Este fato em si é esperado, pois cada AD aborda um tópico distinto de ondulatória e também usa diferentes recursos didáticos. Logo, é natural os alunos usarem suas preferências, habilidades e conhecimentos prévios para classificar as AD segundo suas próprias percepções dos critérios adotados. Apesar desta variação, é possível ver na Figura 10 que em relação aos critérios **trabalho** e **dificuldade**, a classificação das AD tende a ser menor que 3 e em relação ao **interesse** e de **forma geral** tende a ser maior que 4.

Consideramos estes resultados qualitativos importantes, pois um nível muito alto de dificuldade e trabalho em todas as AD poderia desestimular os alunos a realizá-las, principalmente considerando que o fazem no contra turno. Em relação ao interesse e de forma geral, classificações com valores menores que 3 indicariam que as AD por si só não motivariam os estudantes a fazê-las.

Uma análise quantitativa da receptividade das AD é possível calculando-se o valor médio atribuído a estes critérios no conjunto de todas as AD. Em relação aos critérios de **trabalho** e **dificuldade** o valor médio atribuído foi, respectivamente, de 2,9 e 3,1. Logo, a sequência de AD, como um todo, foram julgadas pelos estudantes como medianamente trabalhosa e nem fácil nem difícil. Em relação aos critérios de **interesse** e de **forma geral** os

alunos atribuíram, às AD, respectivamente, valores médios de 4.0 e 4.1. Estes valores indicam claramente que os alunos julgaram a sequência de AD como tendo sido interessante e muito boa¹⁰, pois estes valores estão significativamente acima do valor neutro (3).

Figura 10 – Receptividade das AD.



Os valores referentes a cada AD representam as médias calculadas sobre as respostas dos estudantes que classificaram as AD em uma escala com valores inteiros de 1 a 5 segundo os critérios de **trabalho**, **dificuldade**, **interesse** e de **forma geral**.

A receptividade da sequência de AD como um todo também pode ser analisada através do histograma das respostas obtidas nos 229 questionários de opinião das 14 AD das duas turmas. Na Figura 9 apresentamos este histograma. Em relação ao **interesse** há 103 respostas de grau 5 e 64 respostas de grau 4, logo, as AD foram classificadas como interessantes ou muito interessantes 167 vezes, ou seja 72,9%. Se incluirmos as 40 vezes em que houve uma classificação neutra, 207 foram respostas positivas ou neutras, de forma que apenas 22 respostas (9,6%) classificaram negativamente as AD neste critério.

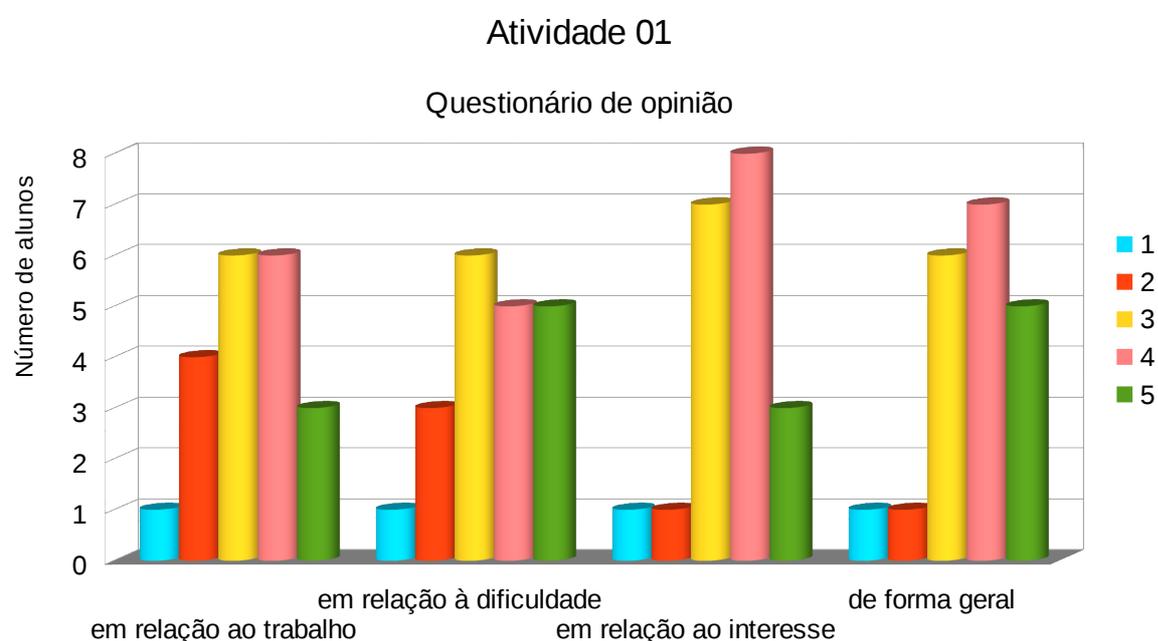
Em relação à **dificuldade** o histograma da Figura 10 permite ver que a classificação de grau fácil (valores 1 e 2), médio (valor 3) e do grau difícil (valores 4 e 5) são bastante parecidas. No primeiro grupo há 83 respostas (36,2%), no centro há 70 (30,6%) e no terceiro

10 No formulário os extremos do critério de **forma geral** estão identificados: 1 = fraca, 5 = ótima. A partir destes, infere-se os demais: 2 = regular, 3 = boa e 4 = muito boa.

grupo há 76 (33,2%). Desta forma, a percepção dos alunos considerando apenas esses três grupos, difícil, médio ou fácil, foi bastante uniforme e igual a cerca de um terço. Enfim, para muitos estudantes, a sequência de AD se dividiu em partes mais ou menos iguais de atividades fáceis, medianas e difíceis.

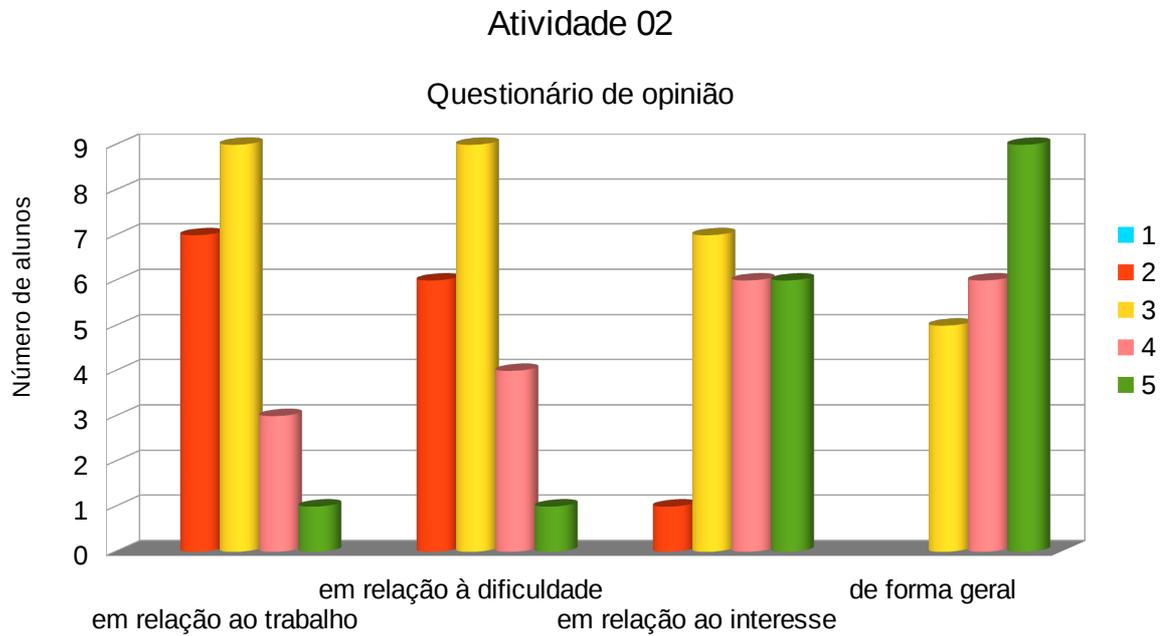
Analisamos todas as respostas aos questionários de opinião em cada atividade. Abaixo apresentamos os resultados graficamente.

Gráfico 1 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 01.



Na primeira atividade percebemos que 60% dos estudantes demonstraram bastante interesse, em conformidade com as respostas ao questionário. Notamos também que, em relação ao trabalho e a dificuldade, os histogramas estão bem parecidos, em que 60% e 55%, respectivamente, consideraram um médio grau para os critérios mencionados.

Gráfico 2 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 02.



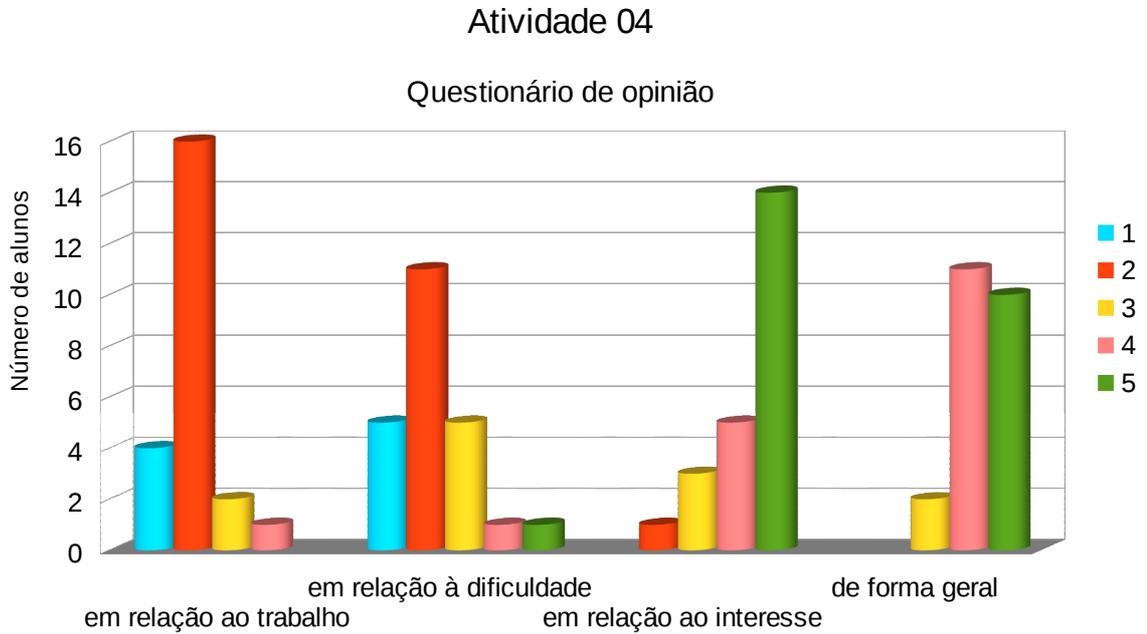
Analisando as respostas ao questionário de opinião da AD2 verificamos que, em comparação ao gráfico 1, o que se evidencia é o último histograma representado, em que, no segundo, 75% atribui uma nota alta no critério “de forma geral”. Em relação ao trabalho e a dificuldade, 80% e 75%, respectivamente, consideraram um nível médio para esses critérios. Talvez isso esteja relacionado ao fato de que os estudantes já conhecem o formato das AD.

Gráfico 3 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 03.



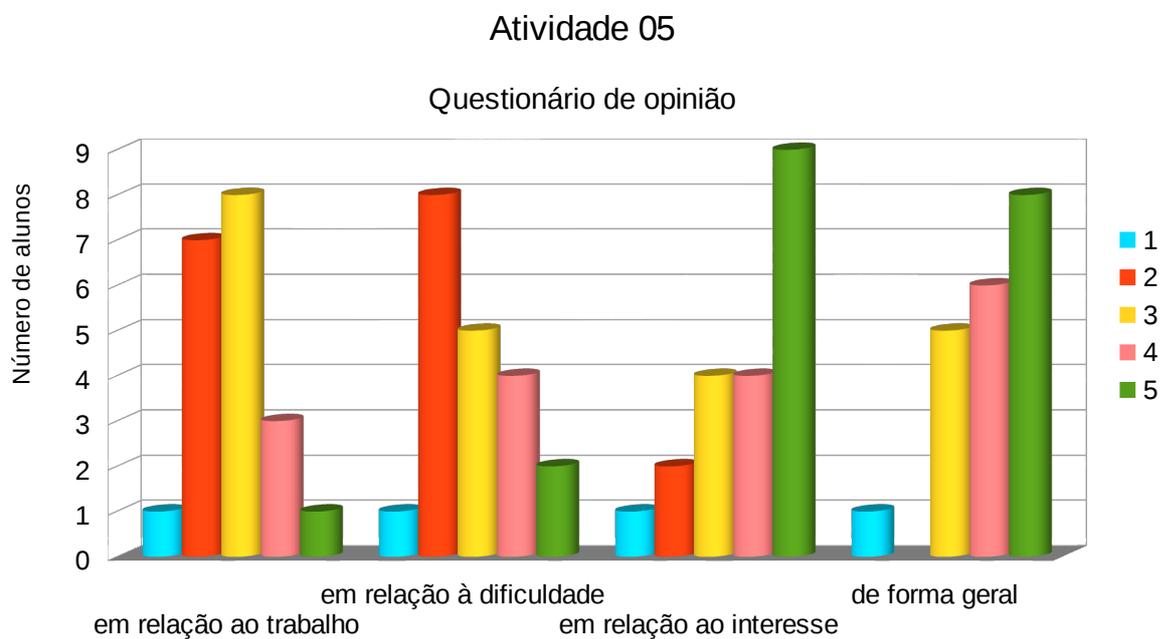
No gráfico 3 percebemos uma sutil diferença em relação aos anteriores, neste gráfico os critérios “em relação ao trabalho” e “em relação à dificuldade” não estão totalmente relacionados. Ou seja, mesmo que 26,3% dos alunos tenham considerado a atividade “nada trabalhosa”, apenas 5,3% considerou a resolução como sendo fácil. Os histogramas que representam os critérios de interesse e nota para a atividade três também não parecem ter uma relação evidente, pois 68,4% dos estudantes demonstrou ter um grande interesse na atividade, enquanto 78,9% deu uma nota média para a AD 03 de forma geral.

Gráfico 4 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 04.



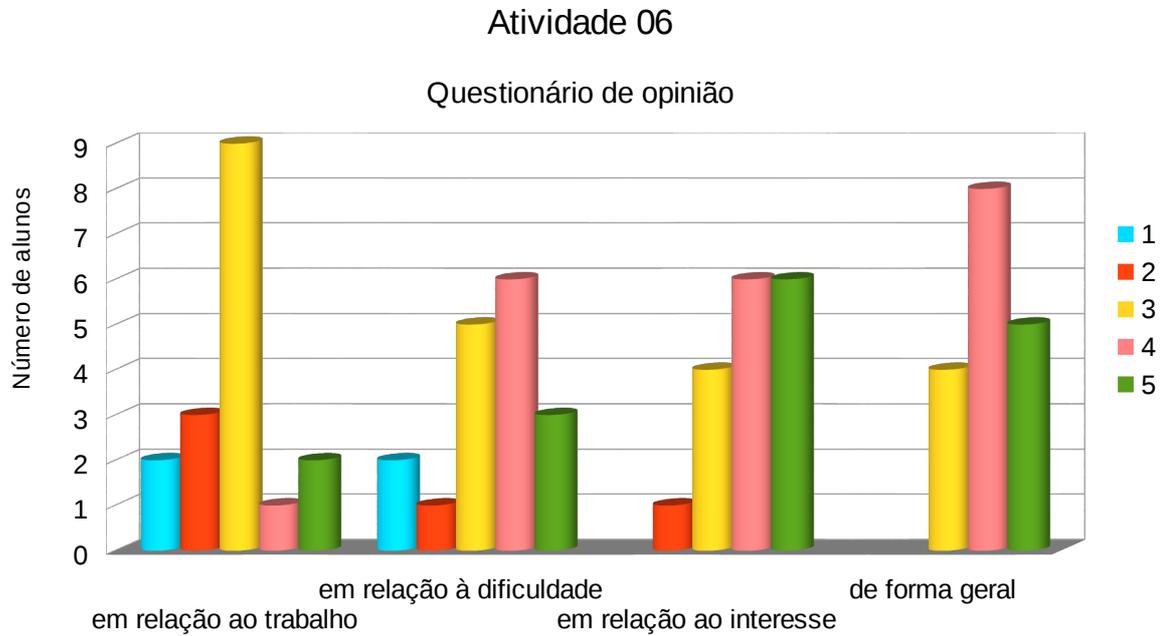
Para o gráfico 4 percebemos que os dois primeiros e os dois últimos histogramas estão, claramente, relacionados. O que é notório neste gráfico são o baixo grau de trabalho (86,9% dos alunos) e o alto grau de interesse (82,6%) considerado pelos alunos. Isto pode estar vinculado ao fato de que, em todas as questões desta AD (exceto a questão 03), havia uma imagem associada, o que pode ter facilitado a visualização e, conseqüentemente, diminuído o trabalho na resolução das questões.

Gráfico 5 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 05.



No gráfico para a AD 05, 65% dos estudantes se mostraram interessados pela mesma. Também, 70% dos estudantes consideraram que a AD 05 em sua forma geral foi muito boa, atribuindo uma nota alta (4 e 5) no quarto histograma. Ao baixo nível de trabalho e dificuldade, considerado pelos estudantes, responsabilizamos as questões guiadas e a simulação computacional de fácil entendimento e manuseio.

Gráfico 6 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 06.



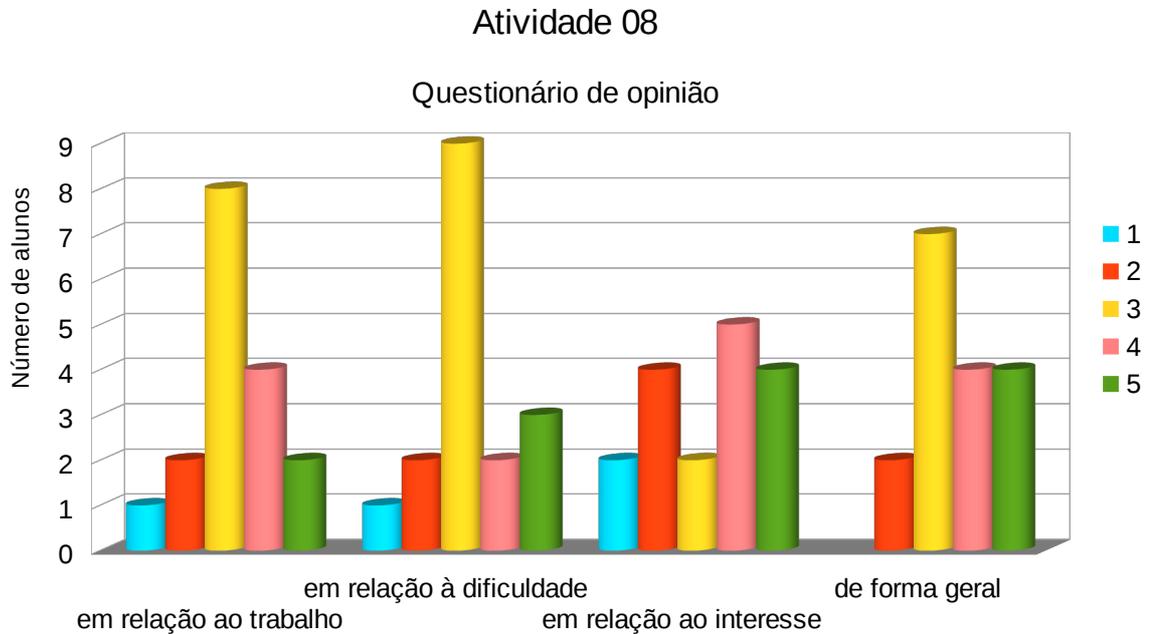
No gráfico 6 o que se destaca é o nível de trabalho considerado pelos estudantes (70,6%) como médio, isso pode ser devido ao texto informativo, que se diferencia dos demais pelo tamanho. Talvez, no questionário de opinião, eles tenham levado em conta o tempo necessário para ler e compreender o conteúdo do texto introdutório, classificando, assim, a AD 06 com grau médio superior de dificuldade (64,7%). Ainda que, os estudantes, tenham declarado a AD 06 como média/difícil manifestaram interesse (70,6%) pela mesma e de forma geral (76,5%) julgaram-na uma boa atividade.

Gráfico 7 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 07.



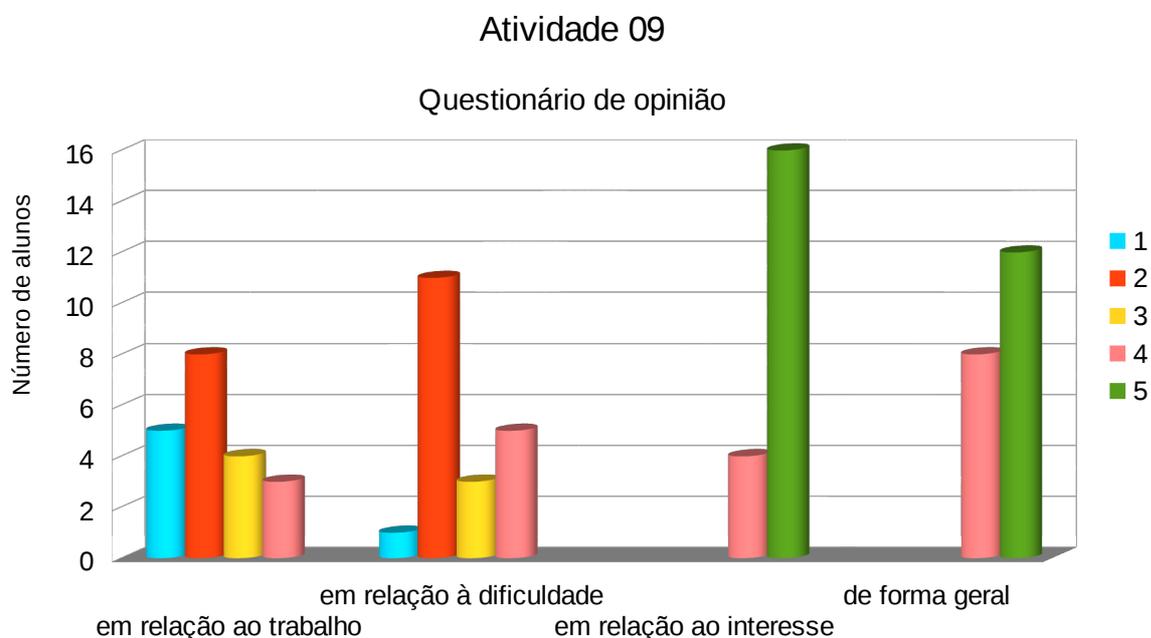
Através da análise do gráfico 7 percebemos que todos os estudantes (100%), que fizeram a AD 07, classificaram-na como muito interessante. Isto pode ser atribuído ao fato de que essa atividade poderia emitir um diagnóstico sobre a audição dos estudantes. A AD 07 teve como recurso um vídeo em que era reproduzido um som, com frequência entre 20 e 20000 Hertz, na faixa detectável pelo ouvido humano, e em uma das questões os estudantes deveriam indicar a frequência mínima, em que começaram a ouvir o som, até a máxima, quando pararam de escutar. Em relação ao trabalho, 68,7% dos estudantes consideraram a atividade pouco trabalhosa. O grau de dificuldade também não foi alto, em que 68,7% dos estudantes consideraram a AD 07 de média para fácil.

Gráfico 8 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 08.



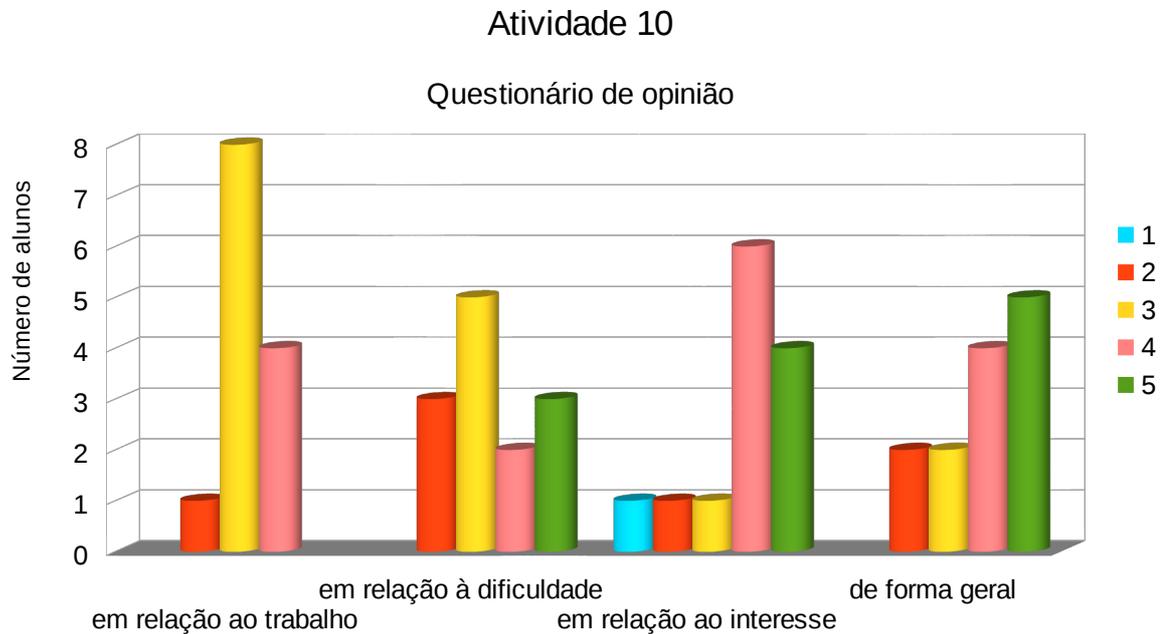
Na AD 08 as opiniões foram bem variadas, principalmente em relação ao interesse, alguns alunos (35,3%) consideraram a atividade tediosa enquanto outros (52,9%) acharam-na muito interessante. O nível de trabalho nesta atividade, identificado por 70,6% dos alunos, variou de médio para muito trabalhosa. De forma geral os estudantes consideraram a atividade média (41,2%), atribuindo nota 3 para a mesma. Podemos relacionar isso ao caso de que nesta atividade não apresentamos nenhum conteúdo novo, apenas avaliamos quais conceitos, grandezas e fenômenos os estudantes compreenderam até então, durante a realização das atividades. Também nesta atividade não utilizamos nenhuma simulação computacional, apenas um vídeo, gravado pelo professor Ricardo Sauerwein, de um experimento exposto no Museu de Ciências e Tecnologias da PUC.

Gráfico 9 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 09.



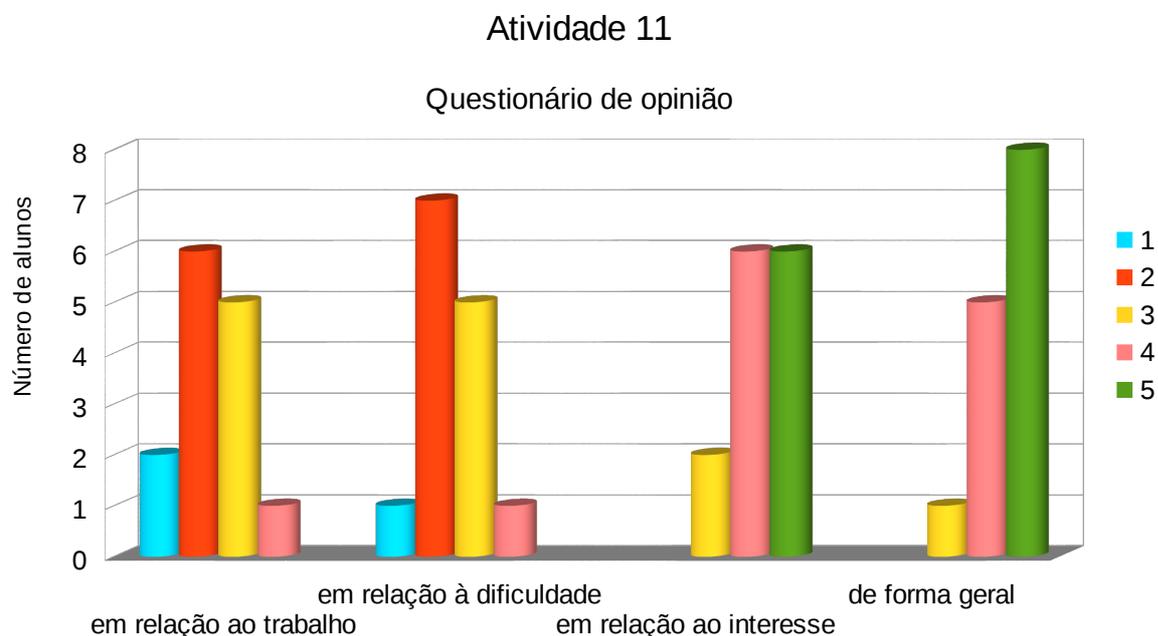
No gráfico 9, sobre a opinião dos estudantes na AD 09, destacamos os dois últimos histogramas em que todos os estudantes (100%), que realizaram a atividade, consideraram-na como ótima e muito interessante. Acreditamos que os estudantes se mostraram interessados por essa AD por se tratar de um conteúdo de Física Moderna, com uma explicação bem didática e compreensível, através de um vídeo em que eles conseguiram assimilar os fenômenos e conceitos envolvidos. Para os critérios “em relação ao trabalho” e “em relação à dificuldade”, 60% dos estudantes consideraram a AD 09 como pouco trabalhosa e fácil.

Gráfico 10 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 10.



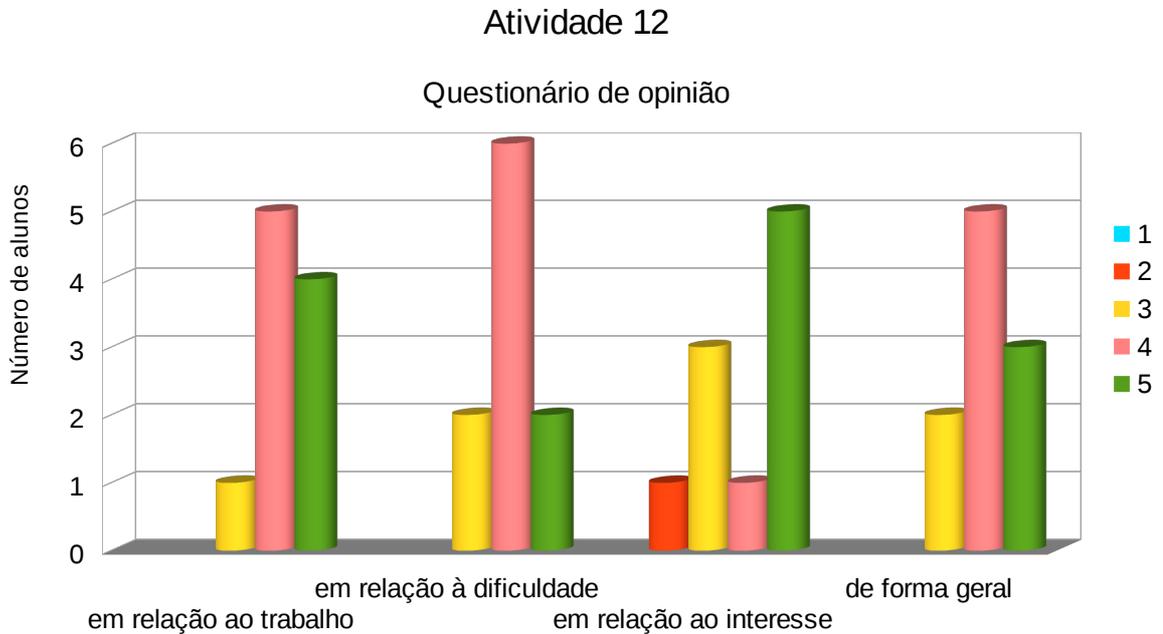
Ao analisar o gráfico 10 notamos que o grau de dificuldade apontado pelos alunos foi bastante diversificado, enquanto alguns acharam fácil outros acharam muito difícil. A simulação computacional utilizada não era de difícil manuseio e as questões foram, em sua maior parte, abertas. Como a AD 10 apresentava várias possibilidades de organizar uma resolução, por possuir questões abertas, alguns estudantes, consideraram-na difícil e, talvez por este mesmo motivo, outros julgaram-na fácil. Em relação ao trabalho, 92,3% dos estudantes relataram se tratar de uma atividade média. Para os critérios de interesse e de forma geral, grande parte dos estudantes, indicou a AD como muito interessante (76,9%) e ótima (69,2%), respectivamente.

Gráfico 11 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 11.



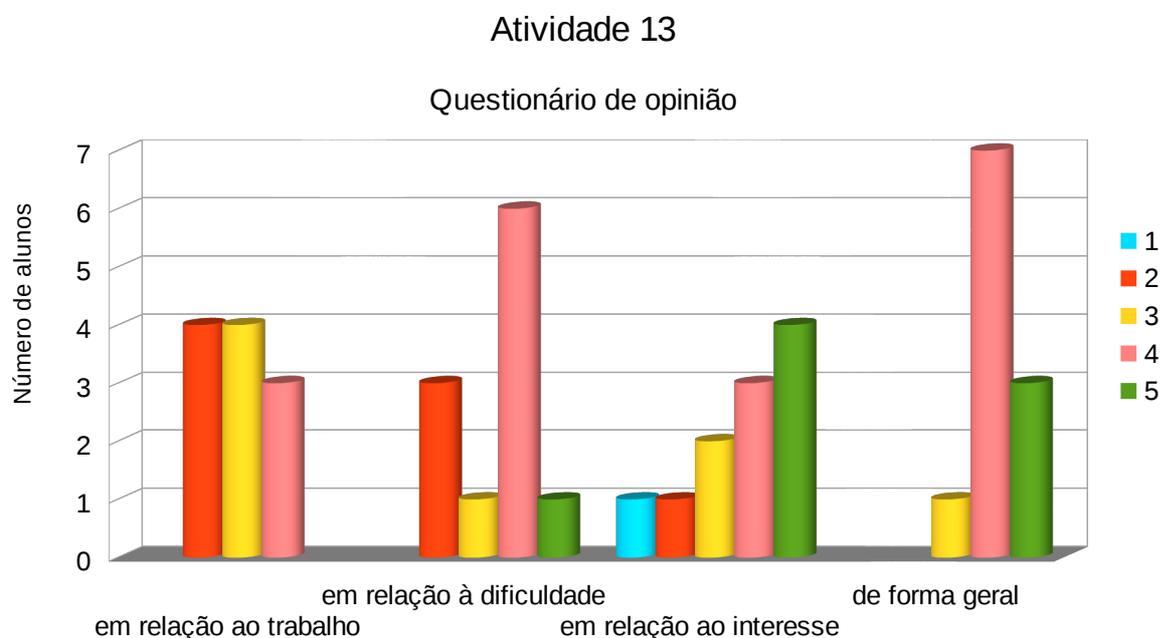
O que se destaca na análise do gráfico 11 é que 92,8% dos estudantes classificaram a AD 11 como ótima e 85,7% como muito interessante. Os recursos utilizados nessa atividade foram duas animações produzidas pelo professor Ricardo Sauerwein. Talvez esses números podem ser explicados pelo fato de que, através das animações, eles conseguiram visualizar uma onda estacionária, concretizando o que eles antes imaginavam. Em relação à dificuldade, 85,7% dos estudantes consideraram a AD 11 de fácil para média, enquanto 78,6% julgaram-na como pouco trabalhosa. Talvez esse resultado ainda possa estar associado ao fato de que a atividade proposta foi construída com um objetivo específico e para uma abordagem MSAI

Gráfico 12 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 12.



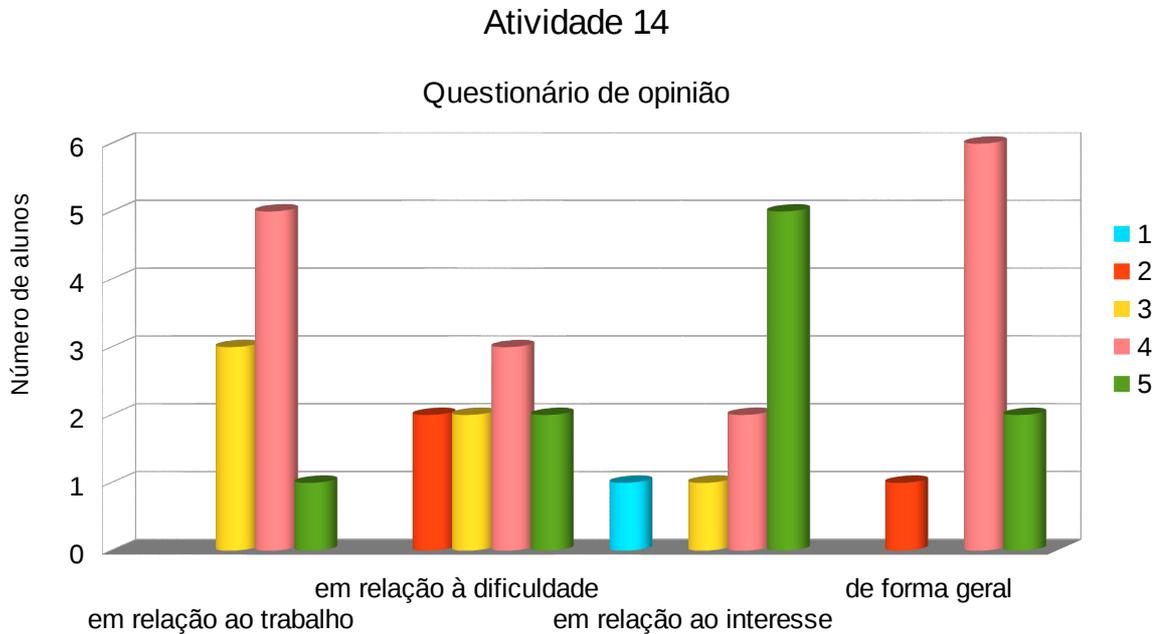
Ao observar o gráfico 12 notamos que 60% dos estudantes classificaram a AD 12 difícil, como na AD 06 o texto informativo inicial dessa atividade é bem extenso, o que pode justificar este número. Além disto, 90% dos estudantes consideraram a atividade trabalhosa, o que pode confirmar a hipótese levantada na análise do gráfico 6, que eles consideram muito trabalho ler o texto inicial longo. Mesmo considerando a AD 12 trabalhosa e difícil, 60% deles acharam a atividade muito interessante e 80% classificaram-na como muito boa ou ótima de forma geral.

Gráfico 13 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 13.



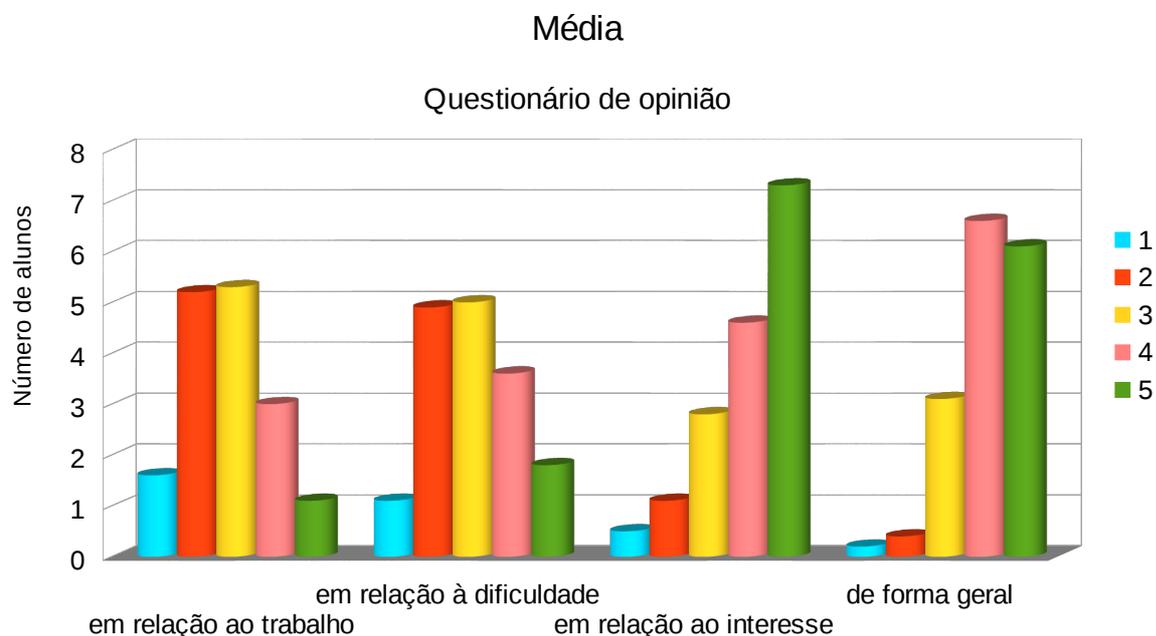
Em evidência no gráfico 13 está a nota dada para a atividade em sua forma geral, sendo que 90,9% dos estudantes classificaram-na como muito boa ou ótima. Para o critério de interesse, 63,6% consideraram essa atividade muito interessante. Em relação à dificuldade 54,5% rotularam a atividade como difícil. No critério de trabalho, 72,7% consideraram a AD 13 com um nível de médio para baixo de trabalho. O grau de trabalho pode ter sido baixo pelo fato de que os estudantes já haviam trabalhado com a mesma simulação computacional na AD 05, portanto a simulação já era conhecida por eles.

Gráfico 14 – Resposta dos estudantes para o questionário de opinião da AD 14.



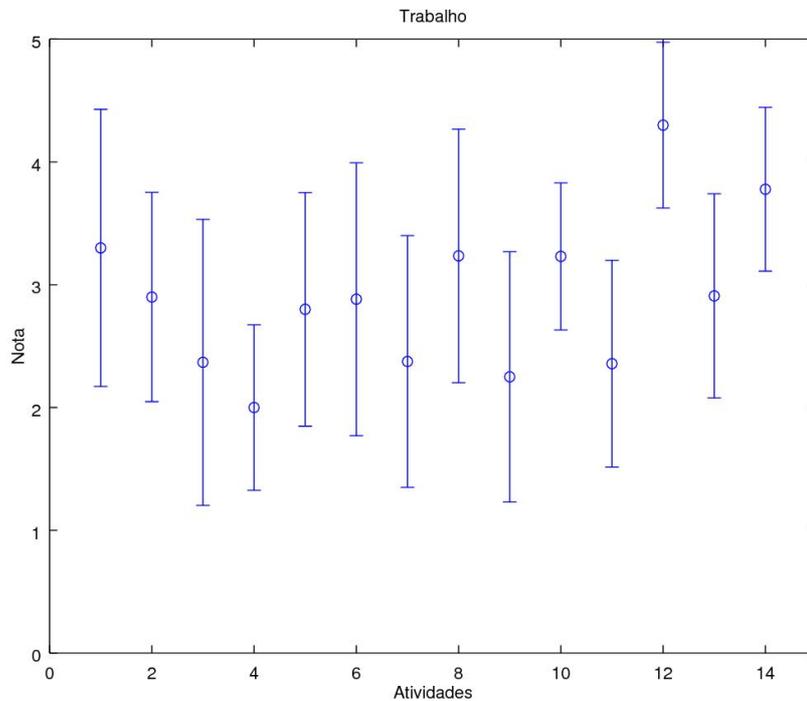
Uma grande porcentagem (88,9%) dos estudantes considerou a AD 14 como muito boa ou ótima em sua forma geral. Também vale ressaltar que 77,8% dos estudantes classificaram essa AD como muito interessante. Nessa atividade, além da simulação computacional, apresentamos dois vídeos curtos sobre situações conhecidas pelos estudantes, mas eles não as relacionavam com ressonância, antes de realizarem a AD14. Em relação à dificuldade, as opiniões foram bem variadas, 22,2% dos estudantes consideraram a AD como fácil e 55,5% encontrou dificuldades na resolução. Para o critério do trabalho 88,9% a classificaram como sendo de nível médio. Acreditamos que o fato de a maioria dos estudantes encontrar dificuldades para resolver esta AD está associado ao tipo de questões e o próprio grau de dificuldade desta AD. Ao longo do curso fomos aumentando o grau de dificuldade das AD e disponibilizando cada vez questões mais abertas. Acreditamos que como os estudantes estão, tradicionalmente, acostumados a resolver questões fechadas ou seguir roteiros preestabelecidos, as questões abertas, pode ser um dos fatores, que trouxe dificuldades para eles.

Gráfico 15 – Média aritmética do conjunto das AD implementadas.



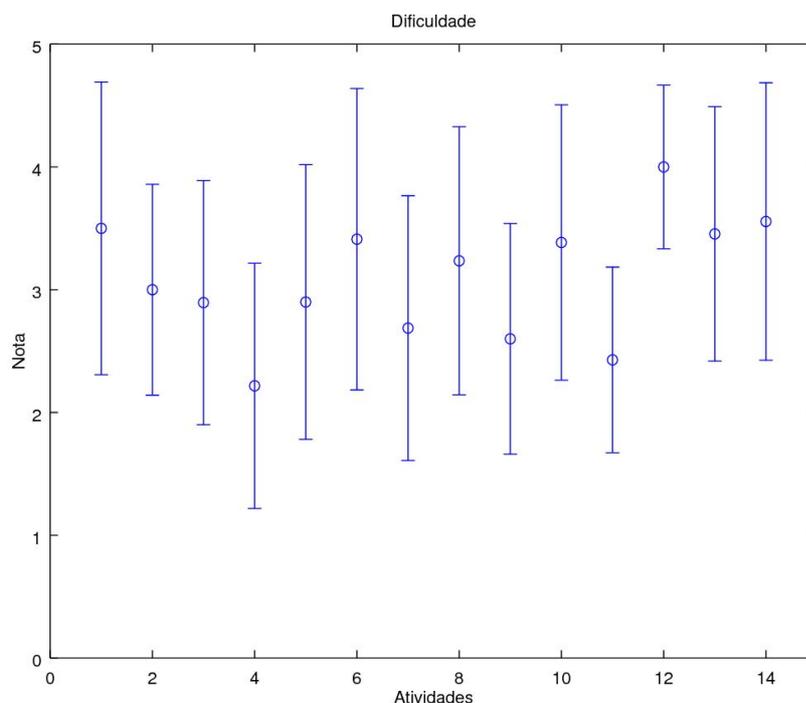
Para o conjunto das AD implementadas calculamos uma média aritmética, a qual está representada no gráfico 15. Apresentamos este gráfico para mostrar um panorama geral do curso introdutório sobre oscilações e ondulatória ministrado. Em análise, notamos que os níveis de trabalho e dificuldade, encontrados pelos estudantes, neste curso foi médio, o que no nosso entendimento é ideal. Pois atividades muito trabalhosas e difíceis desmotivam os estudantes e no caso contrário não são desafiadoras. As opiniões nas categorias relacionadas ao interesse dos estudantes e a forma geral das AD também consideramos satisfatórias, pois variam de interessante a muito interessante e de muito boa à ótima, respectivamente.

Gráfico 16 – Média ponderada do trabalho e desvio padrão para cada uma das AD implementadas.



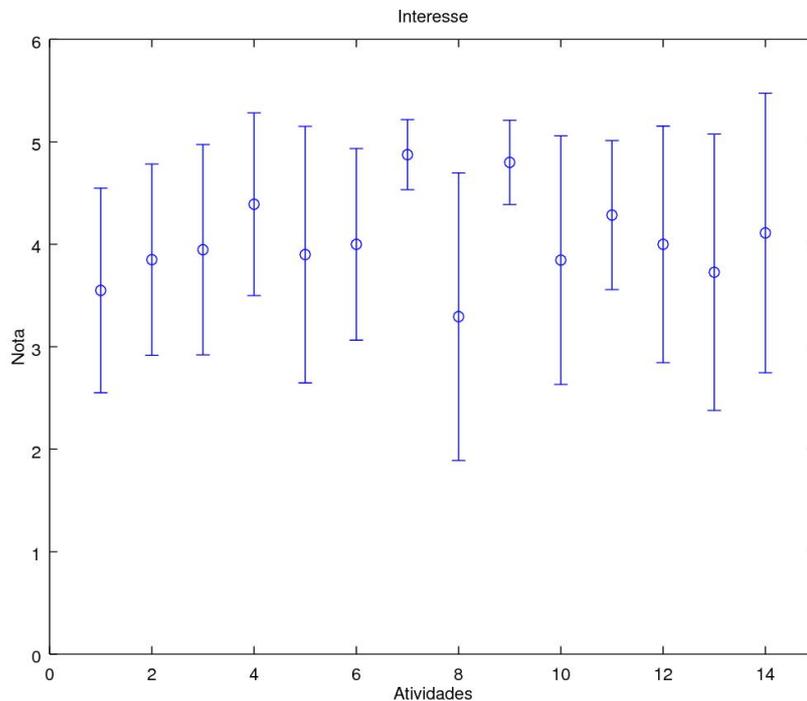
Além da média aritmética simples, também calculamos e representamos graficamente a média ponderada para cada uma das categorias apresentadas no questionário de opinião, bem como os desvios padrão encontrados. O gráfico 16 representa a média ponderada calculada para cada atividade no critério “em relação ao trabalho” e o desvio padrão em cada média. Podemos notar através da análise do gráfico que as AD, no geral, tiveram um nível médio de trabalho, exceto a AD 12 e a AD 04 que se destacam. A AD 12 foi apontada, segundo análises do questionário de opinião como a mais trabalhosa e a AD 04 como a menos trabalhosa. A AD 12 abordou os fenômenos de reflexão, refração e difração e a AD 04 ondas transversais e longitudinais. Talvez os estudantes consideraram a AD 12 muito trabalhosa por possuir muitas questões e AD 04 pouco trabalhosa por ter um menor número de questões.

Gráfico 17 – Média ponderada da dificuldade e desvio padrão para cada uma das AD implementadas.



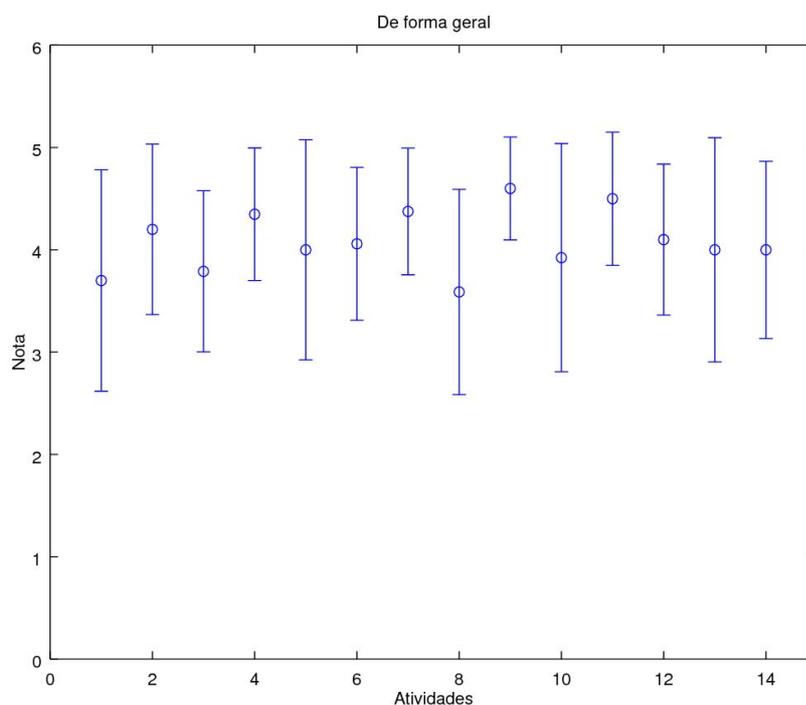
O gráfico 17 traz a média ponderada para o critério “em relação à dificuldade” do questionário de opinião. Notamos que, no geral, as AD ficaram em um nível médio de dificuldade, na opinião dos alunos. Inferimos que os gráficos 16 e 17 estão relacionados, ou seja, quanto maior o grau de trabalho tanto maior é o nível de dificuldade e vice versa. Identificamos também que, no gráfico 17, considerando as médias em relação à dificuldade, as AD 04 e AD 12 estão destacadas das demais, conforme também apareceu no gráfico 16. Isso significa que, os estudantes consideraram, as AD 04 e AD 12 muito fácil e muito difícil, respectivamente.

Gráfico 18 – Média ponderada do interesse e desvio padrão para cada uma das AD implementadas.



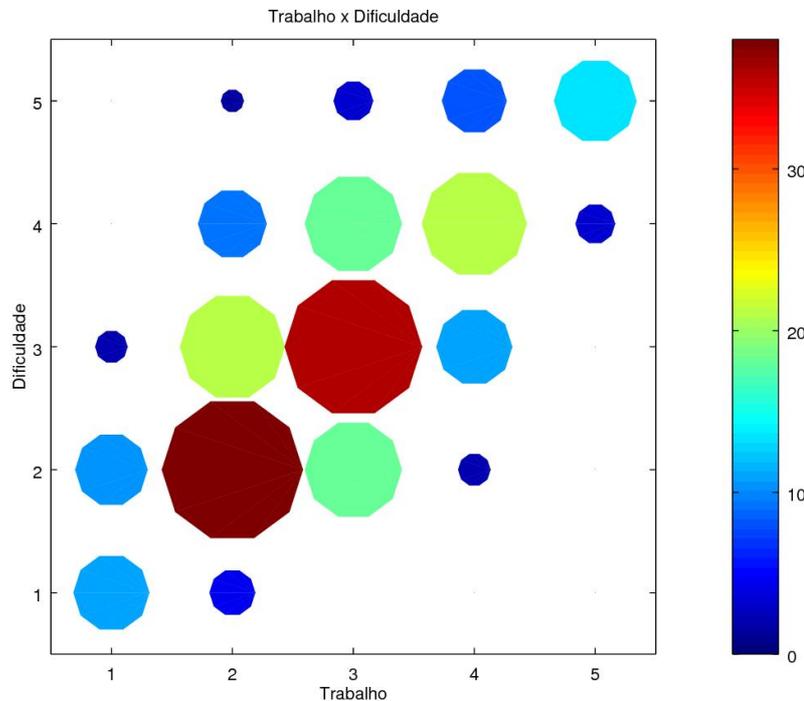
O gráfico 18 apresenta a média ponderada do critério “em relação ao interesse” e seu desvio padrão para cada atividade implementada. Ao analisar o gráfico 18 percebemos que os valores encontrados para esse critério foram muito bons sendo que a maioria dos pontos ficou com notas acima de 3. Ou seja, os estudantes se mostraram interessados nas AD. Três pontos se evidenciam na análise do gráfico, são as AD 07, AD 08 e AD 09. As AD 07 e AD 09 foram classificadas como muito interessantes, estas atividades tratavam de “Som, infrassom e ultrassom” e “Padrão de interferência”, respectivamente. E AD 08 foi intitulada “Fenômenos e grandezas” e tratava de uma “revisão” ou “teste” dos fenômenos e conceitos estudados nas AD anteriores, esta AD foi aquela que teve o maior desvio padrão, ou seja, uma maior variabilidade nas respostas para este critério, desde pouco interessante até muito interessante.

Gráfico 19 – Média ponderada da nota geral e desvio padrão para cada uma das AD implementadas.



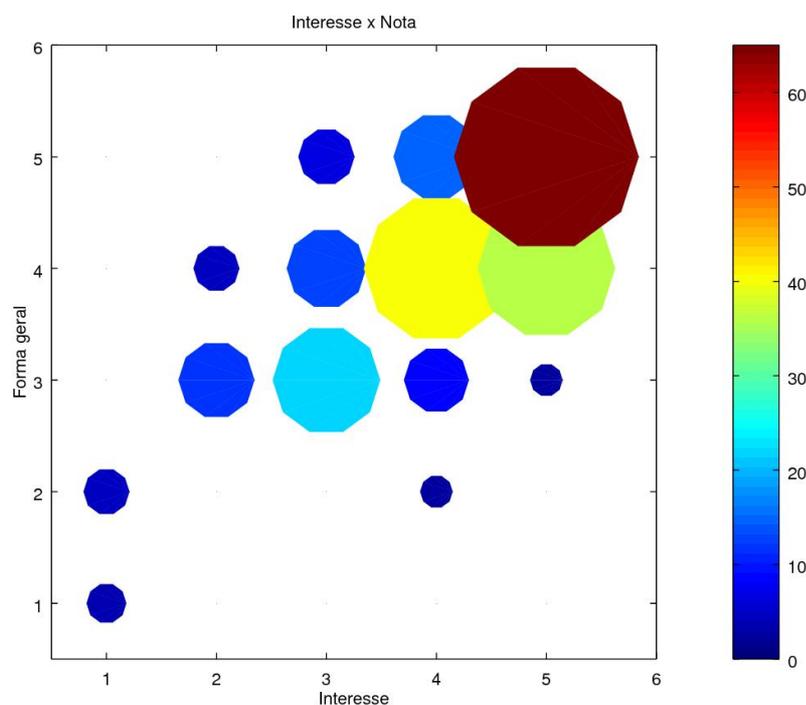
Em análise ao gráfico 19 constatamos que o mesmo tem uma grande relação com o gráfico 18, que tratava do interesse dos estudantes. Com isso podemos concluir que quanto mais interesse os estudantes têm pela AD tanto melhor ela é em sua forma geral. O gráfico da forma geral das AD que as médias ficaram maior que três, sobre o que podemos deduzir que as atividades, no geral, ficaram entre muito boas e ótimas na escala Likert, na opinião dos estudantes.

Gráfico 20 – Relação entre os critérios de trabalho e dificuldade no questionário de opinião.



Para concluir esta análise, ainda apresentamos dois gráficos que provam a relação entre os critérios de trabalho e dificuldade, realmente, existe e também entre as categorias de interesse e forma geral. Conforme já citado anteriormente a relação entre trabalho e dificuldade, apontada pelos estudantes, é evidente. Do mesmo modo que, através do gráfico 20, podemos perceber que o nível de trabalho e dificuldade, das AD em geral, ficaram médios, o que achamos satisfatório. AD muito trabalhosas e/ou muito difíceis se tornam tediosas e podem tirar o foco do conteúdo, acabando por puro trabalho sem significado.

Gráfico 21 – Relação entre os critérios de interesse e forma geral das AD no questionário de opinião.



O gráfico 21 nos mostra que existe uma grande relação entre os critérios de interesse e forma geral das AD. Percebemos também que, na maior parte, os estudantes atribuíram uma grande nota para esses dois critérios. Isso nos leva a concluir que, segundo a opinião dos estudantes, estamos no caminho certo, ou seja, as AD de fato interessam aos estudantes e tem uma boa forma, o que pode facilitar a compreensão dos estudantes. Através da análise desses gráficos percebemos que as AD ocorreram dentro dos limites esperados de trabalho, dificuldade, interesse e forma geral. A aceitabilidade dos estudantes foi muito boa, eles se mostraram interessados e participativos, dispostos a discutir e compartilhar seus conhecimentos com os colegas.

6.2.4 Análise do questionário disponibilizado após o curso

Abaixo apresentamos o questionário final proposto aos estudantes em meio eletrônico, não-obrigatório e isento de qualquer avaliação. O questionário F, apresentado abaixo foi proposto aos estudantes em meio eletrônico após os mesmos terem concluído as quatorze AD do curso em questão.

Quadro 9 – Questões apresentadas no questionário F

QUESTIONÁRIO F	Questão	Texto da Questão
	01	O fato de disponibilizarmos as atividades didáticas antes do encontro presencial foi importante para você? Por que?
	02	Qual a sua opinião sobre o conjunto de atividades? Foi relevante para sua aprendizagem?
	03	Você gostaria que a mesma sistemática fosse adotada em outras disciplinas? Quais?
	04	Você acha que as atividades deveriam valer mais nota, menos nota ou não deveriam valer nota? Por que?

O número de entregas do questionário F foi de 75% dos estudantes que realizaram o curso, o que consideramos um bom resultado. Vamos iniciar a análise dos resultados do questionário F pela questão 2 e então seguimos a ordem cronológica, deixando para última análise a questão 1 por ser mais extensa e tratar especificamente da MSAI, um importante objeto de estudo neste trabalho.

6.2.4.1 Questão 2

Todas as respostas destacaram que as AD contribuíram positivamente para a aprendizagem de conteúdos da disciplina de Física. De certa forma este resultado é esperado, pois as AD não eram obrigatórias. Logo, os alunos que responderam o questionário final foram aqueles que consideraram que as AD estavam contribuindo para suas formações. No entanto, é possível classificar as respostas em critérios de análise, pois muitas delas convergem para resultados semelhantes.

6.2.4.1.1 Critérios de Análise

Na análise da questão dois, elencamos as respostas em sete critérios. Os quais estão apresentados no quadro 10.

Quadro 10 – Critérios de análise da questão 2

CRITÉRIOS DE ANÁLISE QUESTÃO 02	Critério	Descrição	Indícios do critério	Classificação
	C1 - Motivação	O aluno destaca algum aspecto da capacidade motivadora das AD em sua resposta?	O aluno destaca alguma resposta emocional positiva ou que desperta o interesse e portanto se motiva para realizá-las.	Sim/____
	C2 - Conteúdo	Novo conhecimento: As AD suprem um conteúdo que deveria ser dado e não seria visto se não fosse as AD?	O aluno destaca que aprendeu com as AD coisas novas, coisas que nunca tinha visto antes.	Sim/____
	C3 - Conteúdo	Expande conhecimento: As AD aprimoram/aprofundam um conteúdo já visto?	O aluno cita que as AD foram importante para aprimorar os conhecimentos que ele já tinha visto.	Sim/____
	C4 - ENEM	As AD contribuirão positivamente para o desempenho no ENEM?	O aluno cita que as AD o ajudarão de alguma forma no desempenho do ENEM.	Sim/____
	C5 - Estrutura	Há em sua resposta alguma menção à estrutura das AD?	O aluno menciona a estrutura das AD como um dos fatores que contribuíram para sua aprendizagem.	negativa/____/ positiva
	C6 – Tipos de perguntas	A questão do tipo perguntas (abertas ou fechadas) foi importante?	O aluno destaca que as AD os fizeram pensar, se as questões foram bem formuladas, questões amplas.	Sim/____
	C7 – Recursos didáticos	O uso de simulações computacionais, animações e vídeos foi importante para a aprendizagem?	O aluno destaca o uso/papel de recursos didáticos variados de imagens, vídeos e simulações	Sim/____

No quadro 11 apresentamos os resultados da análise da questão 2 elencados de acordo com a classificação dos critérios apresentados no quadro 10.

Quadro 11 – Análise da questão 02

	UID do estudante	Nome científico	Critérios de Análise						
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
ANÁLISE DA QUESTÃO 02	11	Fizeau		Sim					
	22	Pierre Curie	Sim		Sim			Negativa	
	16	Doppler		Sim					
	45	Olaf	Sim		Sim			Positiva	
	47	Laplace		Sim	Sim		Positiva		Sim
	17	Galileu		Sim		Sim			
	49	Michelson-Morley							
	21	Newton	Sim		Sim				
	18	Heisenberg		Sim			Positiva		
	15	Descartes	Sim	Sim		Sim	Positiva	Positiva	
	14	Einstein	Sim	Sim		Sim	Positiva	Positiva	Sim
	44	Hertz		Sim	Sim				
	12	Pitágoras		Sim					

Na segunda coluna do quadro 11 está listado o UID do estudante. Este número é chamado de *user identifier* (que, em português, podemos traduzir para identificador de usuário, ou ainda, número de identificação do usuário). Cada estudante possuía um UID dentro do ambiente de trabalho. Esse UID foi definido pelo sistema, de acordo com a ordem em que os estudantes foram cadastrados no site. Porém, para cada UID existia um nome escolhido pelo estudante, apresentados na seção 6.2.1, mostrados na terceira coluna do quadro 11. Nas análises apresentadas neste capítulo sempre quando nos referirmos aos estudantes estaremos usando o nome científico de cada um.

Separamos algumas respostas interessantes para a questão 02, as quais citaremos a seguir.

Pierre Curie: “As atividades oferecidas acrescentaram muito no meu conhecimento (C3) e abordaram temas, em sua maioria, bem interessantes (C1), como a luz, seus fenômenos e ressonância. O único problema (pelo menos o que mais atrapalhou) foram algumas questões muito amplas (C6), o que tornava confusa a interpretação para saber o que deveria ser respondido.” (grifos nossos)

Na resposta do estudante Pierre Curie percebemos um aspecto motivacional (C1) quando fala que as atividades são bem interessantes e também, nesta resposta, ele cita que as AD serviram para acrescentar conhecimento (C3) além do que ele já possuía. Para este estudante o fato de as atividades terem um característica mais próxima de questões abertas foi um empecilho (C6). Acreditamos que por ele estar acostumado a responder questões fechadas ficou um pouco perdido na hora de responder questões abertas.

Einstein: “Eu adorei (C1). Não tivemos esse conteúdo no ensino médio por falta de tempo (C2), e como o conjunto de atividades me beneficiou nesse sentido é indescritível! Graças a ele, é menos conteúdo para estudar para o ENEM (C4), o que já é ótimo. Além disso, as atividades foram sempre muito divertidas (C5) e as aplicações do PHET (C7) que eram integradas às perguntas são muito legais (C6), já que conseguem demonstrar a teoria em uma representação gráfica.” (grifos nossos)

Descartes: “Eu gostei bastante das atividades (C1), elas pareceram bem pensadas e elaboradas (C5), sempre nos fazendo pensar e acabar por tirar conclusões sobre os assuntos propostos (C6). Acredito que tenha sim sido relevante, consegui absorver um conhecimento relativamente bom sobre ondas (C2), o que vai me ajudar na hora de estudar para o ENEM (C4), já que nunca tive esse conteúdo aprofundado tanto no ensino fundamental quanto no médio.” (grifos nossos)

Selecionamos as respostas dos estudantes Einstein e Descartes porque englobam respostas mais completas em relação aos critérios de análise elencados no quadro 10. E como representam a maioria das respostas a esta questão em que os alunos identificaram aspectos positivos no curso sobre oscilações e ondulatória implementado.

6.2.2.2 Questão 3

Todas as respostas destacaram que seria importante adotar essa sistemática em outras disciplinas. Conforme apresentamos os dados no quadro 12.

Quadro 12 – Análise da questão 03

ANÁLISE DA QUESTÃO 03	Número de alunos	Disciplina
	53,4%	Biologia
	46,7%	Matemática
	26,7%	Química
	26,7%	História
	20,0%	Matérias técnicas
	13,4%	Português
	13,4%	Língua estrangeira
	6,7%	Geografia

6.2.2.3 Questão 4

É importante ressaltar que, quando questionados se o conjunto de AD deveria valer alguma nota, 73,4% dos estudantes responderam que era importante valer nota contra apenas 6,6% que sugeriram que as AD não deveriam valer nota. Isso pode indicar que eles querem receber o reconhecimento, em forma de nota, pelo esforço e responsabilidades demonstradas ao longo do curso.

6.2.2.4 Questão 1

De forma geral, a experiência dos estudantes com a MSAI foi positiva. Na análise da primeira questão existe uma grande variabilidade de opinião dos estudantes, pois alunos

diferentes destacam benefícios diferentes introduzidos pela metodologia da sala de aula invertida. Um dos principais objetivos da MSAI é que os alunos já venham com dúvidas formuladas e conhecendo os problemas (POZO, 1998) que serão trabalhados no encontro presencial.

Através das respostas dos estudantes podemos perceber que todos entenderam a proposta e reconheceram a importância de uma MSAI. Uma das respostas que mostra que eles compreenderam, de fato, o porquê de o conteúdo ser disponibilizado antes do encontro presencial está abaixo:

Pitágoras: “Sim, e foi uma ótima estratégia, afinal, as dúvidas só surgem quando o conteúdo já foi lido pelos alunos, ou aparecem na hora de se fazer os exercícios. Por isso, quando nos reunimos, e todos já conheciam as atividades, se tornava muito mais fácil e rápido esclarecer as dúvidas. Mas, para que esse esquema funcione, é importante que os alunos se dediquem e tentem fazer as atividades, como felizmente, foi o caso da maioria na turma.” (grifos nossos)

Na resposta do estudante Pitágoras aparece também a importância da auto-organização do estudante para tentar fazer a atividade didática, para que chegue no encontro presencial já sabendo o que será estudado e com dúvidas para serem esclarecidas. Alguns estudantes relataram que o método da sala de aula invertida estimulou a independência deles ao tentarem resolver as questões sozinhos e também na busca por algo a mais do que estava nos problemas propostos, conforme seguem respostas:

Tyndall: “me estimulou a procurar a resposta das atividades sozinho.”

Pierre Curie: “Sim, principalmente por possibilitar que eu pesquisasse por conta própria os conteúdos das atividades, me “forçando” à estudar. Além do fato de que aprendo melhor quando pesquise sozinho.” (grifos nossos)

Segundo a opinião dos estudantes Pierre Curie e Tyndall o método da sala de aula invertida foi importante para o desenvolvimento da autonomia e da independência, porém uma parte importante no desenvolvimento da autonomia são as dúvidas que aparecem neste processo. O estudante Fizeau percebe a relevância da MSAI para formular dúvidas pontuais, pois ao tentar resolver a atividade didática, antes do encontro presencial, ele saberia onde encontrou dificuldade e o que precisaria esclarecer e entender para resolvê-la e compreender o conteúdo envolvido. Dúvidas genéricas do tipo “não entendi nada” não ajudam nem professor

e nem aluno no processo de ensino-aprendizagem, é necessário que o estudante identifique os pontos de dificuldade e vá para o encontro presencial com dúvidas pontuais.

Fizeau: “Sim, pois me permitiu ter dúvidas pontuais para os encontros e identificar os pontos onde tinha dificuldade.” (grifos nossos)

Mesmo um estudante que não utilizou efetivamente a metodologia MSAI reconhece sua importância. Este é o caso do estudante Hertz que afirmou

Hertz: “De certa forma foi importante para todos, pois era possível tentar fazer e depois tirar as dúvidas que poderiam aparecer no processo. Porém no meu caso específico, não foi tão importante pois em função da correria da semana eu sempre deixava para fazer no dia de tirar dúvidas.” (grifos nossos)

Note que pela resposta dada, o estudante Hertz não fez as atividades antes do encontro presencial por não conseguir se organizar para fazê-las e por ter confiança que suas dúvidas seriam sanadas na aula presencial. Mesmo assim, reconhece a importância da MSAI, pois percebeu que os colegas já vinham com dúvidas formuladas. Talvez, em seu caso, ele sinta que se beneficiou indiretamente da MSAI pois aprendeu com as dúvidas dos colegas.

Como qualquer método e processo de ensino-aprendizagem, a sala de aula invertida não está isenta de benefícios e desvantagens. Porém, através da minha prática docente e na análise das respostas dos estudantes, especialmente nesta questão, podemos perceber que a apropriação da MSAI depende mais do estudante do que do professor. É necessário que o estudante se organize e tente resolver as AD antes do encontro presencial. É preciso responsabilidade para toda semana tentar resolver uma AD e ir ao encontro presencial com dúvidas. Por consequência, com organização e responsabilidade esta metodologia MSAI dá voz ativa ao estudante na sala de aula, permite que ele discuta com professor e colegas o conteúdo que ele já conhece. Isso fica evidente na resposta do estudante Einstein.

Einstein: “Sim, pois vinhamos já sabendo o conteúdo da aula e interessados, pois haveria um professor para tirar nossas dúvidas, que na maioria das vezes existiam. Trazia uma proximidade de conversa para a aula também.” (grifos nossos)

Através das respostas citadas anteriormente podemos afirmar que a MSAI beneficiou bastante os estudantes em aspectos como o desenvolvimento da autonomia, participação das discussões na aula presencial, formulação de dúvidas pontuais entre outros. O diálogo em sala de aula é muito importante, o aluno precisa participar e se envolver, de fato, com o conteúdo

para se motivar a estudar e aprender. Comprovamos que a MSAI foi muito bem recebida pelos estudantes e deveras é uma ótima estratégia para o ensino da Física.

6.2.5 Análise quanto a respostas qualitativas e quantitativas

Nas AD existiam algumas questões disponibilizadas de forma abertas, em que não pedíamos resoluções qualitativas ou quantitativas e admitiam respostas diferentes dependendo do raciocínio de casa estudante. Percebemos então que, enquanto alguns alunos responderam qualitativamente, outros optaram por responder de forma quantitativa. Isto mostra que os estudantes foram incentivados a tomar decisões e desenvolver sua autonomia durante a realização das AD, comprovamos este fato pela variabilidade nas respostas. Desta forma, catalogamos as diferenças nas respostas para cada uma destas questões, conforme segue no quadro 13.

Quadro 13 – Análise das respostas dos estudantes devido a forma: qualitativa ou quantitativa

Atividade / Questão	Respostas qualitativas	Respostas quantitativas
AD 01 / Q 02	09	10
AD 01 / Q 07	11	08
AD 02 / Q 04	10	10
AD 03 / Q 01	02	17
AD 03 / Q 02	13	06
AD 05 / Q 05	03	17
AD 05 / Q 06	12	08
AD 12 / Q 05	02	08
AD 14 / Q 01	08	01
AD 14 / Q 04	06	03
Total:	76	88

Através da análise do quadro 13 percebemos que as respostas foram bem divididas, mesmo que a maioria respondeu quantitativamente, a diferença entre as respostas quantitativas e qualitativas é menos de dez pontos porcentuais. Considerando a maioria que responde quantitativamente, pode ser um indicativo de que os alunos reconhecem a Física

como essencialmente uma ciência quantitativa, o quadro 13 representa uma sondagem inicial nesta questão. A matemática é uma ferramenta essencial para o ensino e compreensão da Física. Na sequência mostramos alguns exemplos de respostas quantitativas e qualitativas.

Nas figuras 11 e 12 mostramos exemplos de respostas para a questão 7 – Qual a velocidade máxima que o pêndulo atinge? Explique. – da AD 01 – Movimento periódico.

Figura 11 – Resposta quantitativa para a questão 7 da AD 01 do estudante Pierre Curie.

Submission information

Form: [Movimento Periódico](#)
 Submitted by Pierre Curie
 segunda-feira, Março 14, 2016 - 20:08
 187.39.52.68

Resposta 7

A velocidade máxima do pêndulo é 2m/s. Esse valor foi encontrado utilizando Energia Mecânica para o cálculo. E_{m0} (energia mecânica inicial) = E_m (energia mecânica final). No início do movimento, o pêndulo está parado, portanto não tem velocidade, mas está pendurado, portanto tem altura, logo, há E_{pg} (energia potencial gravitacional); no meio da queda ($h=0$), há velocidade mas não há altura, logo, há E_c (energia cinética); e não há, em nenhum movimento, uma força elástica. Foi calculado com o pêndulo nos 10° , ou seja, a altura foi de 20cm (0,2m). Então: $E_{m0}=E_m$; $E_{pg} = E_c$; $mgh = 1/2mv^2$; $gh = 1/2v^2$; $10 \cdot 0,2 = 1/2v^2$; $2 = 1/2v^2$; $2/1/2 = v^2$; $4 = v^2$; $v = 2m/s$.

Percebemos, na Figura 11, que o estudante Pierre Curie optou por responder a questão 7 (AD 01) de forma quantitativa. Através da resposta de Pierre Curie notamos, também, que ele faz relações com conhecimentos que ele já tinha para resolver a questão, pois em sua resposta ele aborda conservação de energia. Desta forma, destacamos que o curso sobre oscilações e ondulatória está, em certo ponto, relacionado com conteúdos que eles aprendem e aprenderam em sala de aula.

Figura 12 – Resposta qualitativa para a questão 7 da AD 01 do estudante Galileu.

Submission information

Form: [Movimento Periódico](#)
 Submitted by Galileu
 domingo, Março 13, 2016 - 22:32
 189.103.4.113

Resposta 7

A velocidade é máxima no ponto mais baixo da trajetória do pêndulo.

Na figura 12 notamos que o estudante Galileu optou por responder qualitativamente a questão 7 da AD 01. Podemos dizer que a resposta qualitativa de Galileu não está errada, mas está incompleta levando-se em conta o enunciado da questão que estamos discutindo.

6.2.6 Indícios de Aprendizagem

Abaixo apresentamos alguns indícios de aprendizagem dos estudantes, em que buscamos observar se eles conseguiram fazer a relação entre fenômenos e conceitos. Lembramos que as atividades didáticas completas estão disponíveis de modo aberto no nosso ambiente de trabalho, no endereço <http://boltz.ccne.ufsm.br/st12/?q=node/65> ou, também, nos Apêndices deste trabalho.

6.2.6.1 AD 01 – Movimento Periódico

Olaf perguntou:

- Quando o ponteiro do relógio dá uma volta completa podemos dizer que o tempo que ele demorou para isso é o seu período?

- Se fosse assim o período do ponteiro das horas seria 12 horas, o dos minutos seria 1 hora e o dos segundos seria 1 minuto. Eu acho que 12 horas é um período muito grande. - Comentou Higgs.

- Mas e se fosse o período da Terra, seria 365 dias. Muito maior que o período do ponteiro das horas do relógio. Acho que o período não tem um tamanho máximo, cada um tem o seu. - Comentou Jacques.

- É o que eu acho também. Não é isso professora? - Perguntou Olaf.

Este foi um diálogo, registrado no meu caderno de anotações, que aconteceu durante o encontro para tirar dúvidas da AD 01 do dia 30 de março de 2016. Isto nos mostra que os estudantes estão pensando sobre Física durante a realização das atividades. Nesse diálogo podemos afirmar que os estudantes conseguiram relacionar os fenômenos com os conceitos e grandezas.

6.2.6.2 AD 08 – Fenômenos e grandezas

O objetivo desta atividade foi exatamente testar se os estudantes estavam conseguindo relacionar os fenômenos com os conceitos e grandezas. Logo na primeira questão (ver apêndice) percebemos que alguns alunos estavam fazendo as relações esperadas. Seleccionamos algumas resoluções que consideramos satisfazer este critério.

Figura 13 – Exemplo de resposta dada na primeira questão da AD 08.

138	06/09/2016 - 13:45	Newton	200.132.24.47	Ondas, ondas transversais e longitudinais, onda do pingo da água, ondas do som
-----	-----------------------	---------------	---------------	--

No caso da resposta dada pelo estudante Newton, na figura acima, percebemos que ele faz uma relação entre o observado no vídeo e alguns fenômenos que ele conhece. Ao observar algumas características das ondas representadas no vídeo, Newton faz a relação com a onda de um pingo de água caindo em um lago ou em uma poça d'água, por exemplo.

Figura 14 – Exemplo de resposta dada na segunda questão da AD 08.

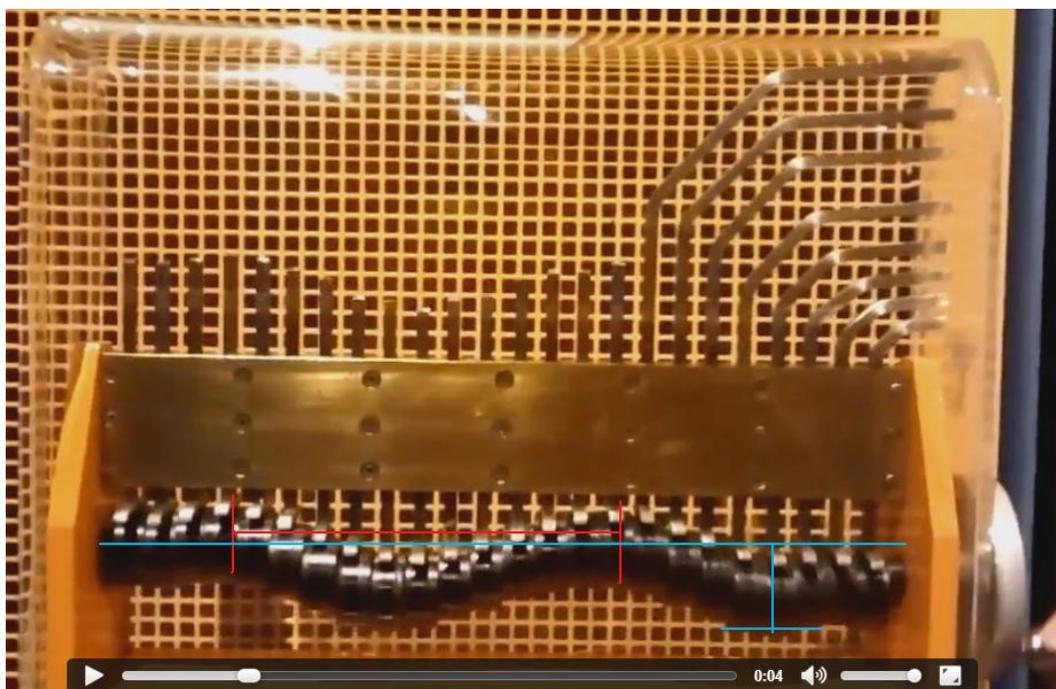
141	06/12/2016 - 21:03	Heisenberg	177.72.66.75	Movimento periódico e ondas e som.	A manivela que gira se movimenta periodicamente, fazendo aparecer as ondas. A parte lateral direita de cima, apresenta compressão e descompressão representando o som.
-----	-----------------------	-------------------	--------------	------------------------------------	--

Heisenberg mostra, através de sua resposta, que compreendeu o significado de onda sonora, em que ocorre uma compressão e descompressão do ar conforme a onda vai se propagando. Está fazendo uma analogia do aparato experimental filmado com a propagação da onda sonora. É muito interessante esta analogia feita por Heisenberg, pois ele está expressando algo abstrato de forma concreta e/ou visual, porque você não vê uma onda sonora se propagando e no vídeo você consegue ver como se dá a propagação da onda.

Figura 15 – Exemplo de resposta dada na terceira questão da AD 08.

120	05/23/2016 - 22:05	Pierre Curie	177.143.216.140	<p>de metal são movidos ao mexer na alavanca, criando vários pulsos contínuos (uma onda). Acima do suporte de madeira há várias lâminas metálicas) quanto ondas transversais (grupo da esquerda de lâminas metálicas) acima do suporte de madeira, e uma onda mais 'geral' feita de metal no centro.</p>	<p>Podem ser identificadas as grandezas: comprimento de onda (λ - em vermelho na imagem), analisando de crista à crista (ou de vale à vale) nas ondas representadas pela máquina; se utilizar um cronômetro ou medir o tempo de alguma forma, pode-se identificar também o período (T) das ondas; a frequência, tanto calculando quanto verificando que ela muda ao girar a manivela mais rápido (ou devagar); e a amplitude da onda (em azul na imagem), medindo da metade à crista (ou vale) das ondas.</p>
-----	-----------------------	---------------------	-----------------	--	--

Figura 16 – Complemento de resposta dada na terceira questão da AD 08 por Pierre Curie.



O estudante Pierre Curie demonstra que entendeu as grandezas estudadas nas AD anteriores, pois além da explicação escrita na questão 03 da AD 08, ele também envia uma imagem, em que ele marca as grandezas encontradas.

Figura 17 – Exemplo de resposta dada na quarta questão da AD 08.

126 05/26/2016 - 11:00 Fizeau 177.156.154.213

Sim.Ondas longitudinais e ondas transversais.

Na parte da direita do vídeo é visível que a 'onda' estaria se movimentando como uma onda transversal pois é semelhante ao movimento da água na superfície de um rio quando um pingo cai sobre ela. E no restante a parte da 'onda' que corresponde a onda longitudinal se assemelha a uma onda sonora.

Frequência, é possível contar quantas vezes a onda vibra em um segundo. Amplitude, é possível medir a sua amplitude visto que é bem visível o vale e a crista da onda. Período, podemos medir seu período pois é possível cronometrar o tempo que leva para a onda dar uma 'volta' completa. Comprimento de onda, pode se medido de crista a crista ou de vale a vale, que estão bem visíveis. Velocidade, é a distancia percorrida pelo tempo gasto, possível ser medida.

imgprojeto fisica.png (713 KB)

Comprimento de onda - $(20 \text{ quadrados} (+/-) \times 2 \text{ cm}) = 40 \text{ cm}$
 Período - 1,758 segundos (contei dez vezes a onda se completar, e marquei esse tempo no cronometro. dividi por dez e obtive esse resultado)
 Amplitude - $(10 \text{ quadrados} (+/-) \times 2 \text{ cm}) = 20 \text{ cm}$
 Frequência - 10Hz (contei dez segundos no cronometro e contei quantas vezes a onda 'vibrou' obtendo assim este resultado)
 Velocidade - Não consegui medir

No caso do estudante Fizeau, percebemos que ele descreve todos os passos seguidos para chegar nas respostas apontadas. Isso significa que ele compreendeu o que significa cada grandeza e não faz uma mera aplicação de fórmulas. É mais importante compreender o que significa cada grandeza e então ser capaz de medi-las do que decorar fórmulas e equações e então apenas ir mudando e substituindo variáveis.

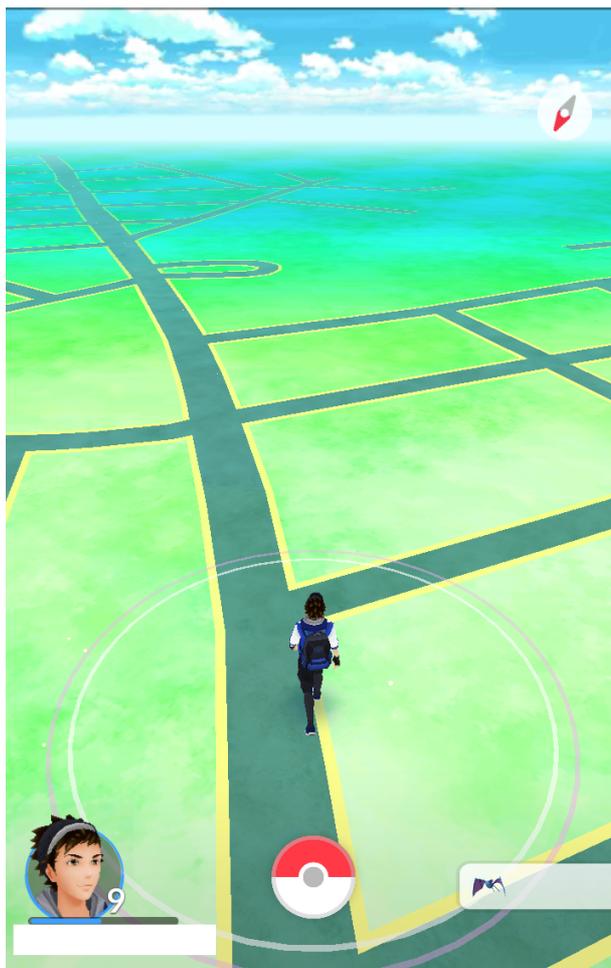
6.2.6.3 AD 13 – Efeito Doppler

No ano de 2016 foi lançado o Pokémon Go, um jogo eletrônico de realidade aumentada, voltado para smartphones. Este jogo logo “viralizou” e virou moda, principalmente entre os adolescentes. Segundo notícia publicada em um site de notícias (<http://zh.clicrbs.com.br/rs/vida-e-estilo/tecnologia/noticia/2017/07/pokemon-go-completa-um-ano-com-actualizacoes-e-milhoes-de-fas-fieis-9832950.html>) o jogo teve 750 milhões de downloads e foi classificado como “uma febre de escala mundial”.

Na escola em que estávamos implementando o curso não foi diferente, os estudantes estavam muito interessados e ligados nos smartphones capturando pokemóns e em várias ocasiões traziam para discussão em sala de aula casos que observavam no jogo. Em um destes

casos registrei no caderno de anotações um diálogo do estudante Huygens, em que ele mostra um print screen da tela do seu smartphone (o qual ele me enviou por WhatsApp) apresentado na figura 18.

Figura 18 – Print screen da tela do smartphone do estudante Huygens.



- Quando eu estou jogando (Pokémon go) parado eu fico bem no meio do radar (círculo em que os pokemóns aparecem). Mas quando eu estou em movimento, indo para casa com meu pai, no carro, eu apareço mais na ponta do radar, não estou mais no meio. Isto é o Efeito Doppler, né? Aquele caso da frequência, em movimento ou parado, quando a ambulância passa, sabe?

Mesmo que isso não tenha relação com o Efeito Doppler podemos concluir que este estudante está pensando em Física fora da sala de aula, e mesmo sem nunca ter estudado oscilações e ondas antes deste curso ele está pensando nisso e está tendo ideias e criando

hipóteses. Além disso, esta pergunta foi bastante discutida durante o encontro presencial, em que os estudantes formularam hipóteses e chegaram a conclusões corretas, e acredito que tenha sido muito importante para esclarecer o conteúdo e o fenômeno do Efeito Doppler.

6.2.6.4 AD 14 – Ressonância

“Eu gostei mais da atividade de ressonância porque eu entendi o que aconteceu com a ponte de Tacoma. Eu sempre ouvia falar, mas não sabia qual o fenômeno que tinha causado isso. Sei lá, talvez tivesse sido um milagre e a ponte caiu. Hoje eu sei que a ponte de Tacoma entrou em ressonância com a frequência do vento. Eu perguntei para o meu pai se ele sabia o que tinha acontecido com a ponte e ele também não sabia, então eu expliquei para ele. Foi muito legal entender o que aconteceu e poder discutir com outras pessoas sobre isso.” Esta foi a resposta do estudante Laplace durante uma entrevista, após o término de todas as atividades, para a pergunta de qual AD ele tinha gostado mais e o porquê.

Esse é um dos motivos que nos leva a acreditar que nossas atividades cumpriram com seu objetivo. O estudante Laplace conseguiu relacionar o fenômeno, que foi a queda da ponte de Tacoma com o conceito de ressonância. Percebemos também que, os estudantes iam além do que era estudado nas AD, eles perguntavam coisas que não estavam contempladas no nosso curso. Conforme podemos observar na questão que o estudante Pierre Curie propõe a seus colegas, na Figura 19. Ele propõe que os colegas reflitam se existe uma relação entre a gravidade e a ressonância.

Figura 19 – Questão proposta pelo estudante Pierre Curie aos colegas.

207

07/26/2016 Pierre Curie 177.143.216.42
- 19:34

máxima da amplitude atingida pelo último impulso, ou seja, quando estiver na altura máxima após se impulsionar para frente/trás ela deve se impulsionar para o outro lado. Assim, mantendo esse ritmo (frequência), ela entrará em ressonância com o balanço e aumentará

(1.000 Hz) que entra em ressonância apenas com o primeiro sistema massa-mola (primeiro ressonador). A frequência natural de cada ressonador é definida pela sua massa e pela constante elástica de sua mola, quanto menor a massa e maior a constante elástica maior a

Frequência de Ressonância -> 1.500 Hz
Amplitude de Ressonância -> 11 cm
Corpo 3: Frequência de Ressonância -> 2.000 Hz
Amplitude de Ressonância -> 10 cm
Corpo 4: Frequência de Ressonância -> 2.500 Hz
Amplitude de Ressonância -> 9 cm
Corpo 5: Frequência de Ressonância -> 3.000 Hz
Amplitude de Ressonância

corpo aumenta. Utilizando o mesmo corpo de exemplo, de 10 cm vai para 16,5 cm. Quando a constante de amortecimento diminui a mola fica mais 'livre', se comprimindo mais e se esticando mais nas oscilações. Se essa grandeza fosse nula provavelmente a mola se romperia/deformaria com os extremos das oscilações (nota que a simulação só permite diminuir a constante de amortecimento até 0,05). Então é possível perceber que essa constante altera a amplitude

massa-mola, a medida que se diminui a massa e se aumenta a constante elástica da mola a frequência natural (frequência de ressonância) do sistema aumenta. Ou seja, se alterar essas duas grandezas (massa do corpo e constante elástica da mola) do sistema proporcionalmente (aumentando a massa e a constante elástica ou diminuindo as duas), é possível ter dois sistemas com valores diferentes mas

constante do amortecimento. Justificando com a simulação, esses dados seriam necessários para evitar que a frequência de ressonância da estrutura seja a mesma com que o vento atinge os objetos normalmente para estabelecer um amortecimento na estrutura, para que assim a amplitude das oscilações da estrutura (com o sistema

Na simulação é possível escolher simular como o sistema reagiria com ou sem a gravidade. Selecione a opção "ON" (Ligada). Compare o comportamento atual do sistema massa-mola com o comportamento enquanto a gravidade estava desligada e descreva.

CONCLUSÕES

A principal conclusão que chegamos é que conseguimos solucionar um problema prático, real e de dentro da sala de aula. O problema era que os alunos não tiveram e nem teriam a oportunidade de estudar oscilações e ondulatória no EM, naquela escola. O problema foi identificado localmente e resolvido com a implementação do nosso curso sobre oscilações e ondulatória. Percebemos que o nosso curso sobre oscilações e ondulatória foi muito útil para aqueles estudantes, pois eles tiveram um conteúdo que não teriam se não fosse o curso.

Ressaltamos que o curso pode ser utilizado e adaptado para outras realidades, podendo, inclusive, ser usado em sala de aula formal, com atividades presenciais. Além disso, professores que encontram as dificuldades citadas na seção 2.4 podem utilizar o nosso material didático. É possível, também, utilizar as características do nosso curso, ou de cada AD específica, para elaborar outros materiais didáticos, para outros conteúdos, ou mesmo para outras disciplinas.

Sobre o uso das redes sociais, Facebook e WhatsApp, nesta primeira implementação elas foram importantes, mas não necessárias e caso o professor opte por não usá-las o curso pode ser implementado sem nenhum prejuízo para o processo de ensino-aprendizagem. Porém, para o caso de imprevistos estas ferramentas foram eficientes para comunicação entre professor e estudantes.

Além disso, verificamos e acreditamos no potencial das nossas AD para o ensino de oscilações e ondulatória. O curso planejado e implementado é viável para ser aplicado na primeira ou segunda série do EM. A duração do curso, neste caso específico, foi de dois bimestres e meio, mas pode ser diminuído ou aumentado, levando em consideração o intervalo de tempo para resolução das AD, conforme preferência do docente. A aceitabilidade dos estudantes foi muito boa ao longo do curso, eles se mostravam interessados a cada nova atividade e participavam bastante nos encontros de dúvidas. Mesmo os estudantes que não estavam recebendo nota nas AD estavam interessados e participativos.

Destacamos que, para o caso de o curso ser implementado na forma de atividade extraclasse, é essencial que o professor incentive e encoraje os estudantes a participarem do curso. Pois, verificamos que os estudantes que recebem nota (turma A) participam mais do curso (em média a metade da turma resolveu todas as AD), os estudantes que o professor sugere a participação (turma B) diminui para um terço o interesse e presença na resolução das

AD e àqueles que o professor mostra-se indiferente (turma C) o interesse cai para um décimo e, neste caso, a participação foi inexistente.

De forma geral, concluímos que a metodologia sala de aula de invertida foi muito bem recebida pelos estudantes participantes do curso, que apontaram vários benefícios na utilização da mesma. A análise das respostas dos questionários claramente mostra que a MSAI efetivamente faz com que os alunos venham para os encontros presenciais com dúvidas já construídas e que este fato dinamiza as discussões em sala de aula. As dificuldades apontadas pelos estudantes quanto à adoção da MSAI sempre estão ligadas à questão da auto-organização dos estudantes que devem se responsabilizar por iniciar o estudo dos tópicos ao tentar realizar as tarefas propostas em casa. Consideramos, que a superação desta dificuldade faz parte do processo de ensino-aprendizagem, pois uma das funções da escola é a promoção do desenvolvimento da autonomia de seus educandos.

Particularmente nesta primeira implementação, verificamos que o curso de oscilações e ondulatória proposto pode ser uma solução para situações em que a carga didática é insuficiente para cobrir os tópicos do programa e a sala de aula invertida é uma metodologia com potencial de estimular a participação e desenvolver autonomia dos estudantes. Nesta tese, verificamos que, na elaboração de material didático, é importante, não somente, a MSAI e o uso de simulações e outros recursos das TIC, mas também a elaboração de problemas que requerem do estudante um engajamento e um interesse pelo aprendizado, são fatores que devem ser considerados.

Neste trabalho apresentamos um conjunto de 14 AD que cobrem praticamente todo o conteúdo do ensino de ondulatória do nível médio. Argumentamos que a sequência apresentada é adequada para ser ministrada em uma perspectiva didática de sala de aula invertida onde o professor condutor considera que antes da aula presencial é importante que os alunos explorem os fenômenos cujos conceitos serão sistematizados em aula. Nas AD apresentadas neste trabalho a fenomenologia é apresentada por diferentes simulações, vídeos e animações de modo que o aluno pode ver o fenômeno ocorrendo no tempo e no espaço. A instância didática anterior à aula é estruturada na forma de questões publicadas em um site especialmente desenvolvido para este fim e no qual os alunos submetem eletronicamente suas respostas.

Analisamos esta proposta didática através de sua aplicação ao longo de um semestre letivo junto a duas turmas (A e B) no nível médio de uma escola pública. Na Turmas A, de 30

alunos, o desempenho dos estudantes nas AD foi incorporada ao sistema de avaliação semestral com um pequeno valor de 10% da nota total. Este valor foi estipulado para que os alunos pudessem optar por não fazê-las uma vez que as AD foram aplicadas em turno inverso. Na Turma B, de 30 alunos, as AD também foram aplicadas no turno inverso, porém não contaram para o sistema de avaliação. Apesar da diferença de adesão inicial dos alunos das duas turmas terem sido muito diferentes, 47% para a Turma A e 20% para a Turma B, o índice de permanência média (IPM) nas AD dos alunos que efetivamente começaram a fazê-las e foram até o final foi de cerca de 66% para as duas turmas. Levando em consideração que (1) a realização das tarefas propostas era feita em casa, (2) os encontros presenciais eram realizados no contra turno e (3) a sequência de AD foi realizada ao longo de todo o semestre, a persistência média de cerca de 2/3 dos alunos é um bom resultado.

A receptividade das AD foi feita analisando-se 229 questionários de opinião com quatro questões simples em que o aluno deveria classificar as AD em uma escala de 5 pontos, de 1 a 5, nos critérios de trabalho, dificuldade, interesse e de forma geral. Os critérios de trabalho e dificuldade receberam, respectivamente, valores médios de 2,9 e 3,0, ou seja, os alunos consideraram as AD medianamente trabalhosas e nem fáceis nem difíceis. Em relação ao interesse e de forma geral as AD receberam, respectivamente, valores médios de 4,0 e 4,1. Analisando como um todo, vemos que as AD estão bem balanceadas em termos de trabalho e dificuldade e que se posicionam positivamente em relação ao interesse e na impressão geral que causaram. Em particular, considerando o histograma médio dos graus de interesse respondidos, apenas 9,6% das vezes os alunos julgaram uma atividade tediosa ou pouco interessante.

Finalmente foi realizado um estudo qualitativo sobre a correlação entre as respostas dadas aos critérios trabalho e dificuldade com o objetivo de identificar um possível erro de planejamento caso houvesse muitos alunos que julgassem as AD simultaneamente trabalhosas e fáceis. Em nossa análise apenas 2 de 229 respostas, ou seja, menos de 1% das vezes uma AD foi julgada inadequada por este critério.

Em síntese concluímos que a sequência de AD apresentada neste trabalho pode ser uma alternativa viável e interessante para o ensino de ondulatória do nível médio, sobretudo em situações em que se busca resgatar a sala de aula como um espaço de discussões mais informadas.

REFERÊNCIAS

- AKKER, Jan van den et. al, **Educational Design Research**. ISBN: 978 90 329 2334.
Disponível em: <http://international.slo.nl/publications/edr/>, Enschede, Nov. 2013.
- BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. de M. (Orgs.) **Ensino Híbrido: Personalização e Tecnologia na Educação**. Porto Alegre: Penso, 2015. 270p.
- BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**. Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. 1. ed. Rio de Janeiro:LTC, 2012.
- BONADIMAN. H; NONEMMACHER. S. **O Gostar e o Aprender de Física: uma proposta metodológica**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.24, n.2: p.194-223, ago. 2007.
- BRASIL. **PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.
- BULEGON, A. M.; TAROUCO, L. M. **Objeto de aprendizagem, exe learing e Moodle: recursos auxiliares para o desenvolvimento do pensamento crítico no ensino médio**. Vidya, Santa Maria, RS, v. 34, n. 1, p. 149-172, jan./jun., 2014.
- CARR, W.; KEMMIS, S. **Becoming critical: education, knowledge and action research**. London: The Falmer Press, 1986.
- _____. **Teoria crítica de la enseñanza: la investigación-acción en la formación del profesorado**. Barcelona: Ediciones Martinez Roca, 1988.
- CORTESÃO, L. **Da necessidade da vigilância crítica em educação à importância da prática de investigação-ação**. Revista de Educação, Lisboa, v. 7, n. 1, p. 27-33, 1998.

COUTINHO, C. P. **Construtivismo e investigação em hipermédia: aspectos teóricos e metodológicos, expectativas e resultados.** Revista Portuguesa de Educação, 2000, 13(1), p. 7-14 – Universidade do Minho, Portugal, 2000.

DEMO, Pedro. **Formação permanente e tecnologias educacionais.** Petrópolis: Vozes, 2006.

ELLIOT, J. **What is action research in schools?** Journal of Curriculum Studies, Ontário, v. 10, n. 4, p. 351-355, 1978.

_____. **What have we learned from action research in school-based evaluation?** Educational Action Research, v. 1, n. 1, p. 175-186, 1993a.

FERREIRA, J. de L. F.; CORRÊA, B. R. do P. G.; TORRES, P. L. **O Uso Pedagógico da Rede Social Facebook.** In: Redes Sociais e Educação: Desafios Contemporâneos. CDrom. EdiPYCRS. ISBN 978-85-397-0213-8.

GAGNÉ, R.; WAGER, W.; GOLAS, K.; KELLER, J. **Principles of instructional design.** Toronto: Thomson Wadsworth, 2005.

HONORATO, W. A. M.; REIS, R. S. F. (2014) "**WhatsApp – uma nova ferramenta para o ensino.**" In: Anais do IV Simpósio de Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade.

JAIME, M. P.; KOLLER, M. R. T.; GRAEML, F. R. **La aplicación de flipped classroom en el curso de dirección estratégica.** In: Jornadas internacionales de innovación universitaria educar para transformar, 12., 2015. actas.Madrid: Universidad Europea, 2015. p. 119-133.

KENSKI, V. M. **Tecnologias e Ensino Presencial e a Distância: Práticas Pedagógicas.** São Paulo: Papirus, 2003.

LARSON, M.; LOCKEE, B. B. **A Practical Guide to Instructional Design,** 2014, Routledge, New York, 9p. 2014.

MONTEIRO, F. N. J. e MEDEIROS, A. **Distorções conceituais dos atributos do som presentes nas sínteses dos textos didáticos: aspectos físicos e fisiológicos.** Ciência & Educação. Volume 5. Número 2. Bauru: UNESP: 1998 (p. 1-13).

MORAES, U. M. **A visão dos alunos sobre o ensino de física: um estudo de caso.** Scientia Plena, v. 5, n. 11, p.1-7, 2009.

PÉREZ-SERRANO, M. da . **Ivestigação-acción: aplicaciones al campo social y educativo.** Madrid: Dykinson, 1990.

PRABHU, N. S. **Second language pedagogy.** Oxford: OUP, 1987.

PRENSKY, M. **Digital Natives Digital Immigrants.** In: PRENSKY, Marc. On the Horizon. NCB University Press, Vol. 9 No. 5, October (2001a). Disponível em <http://www.marcprensky.com/writing/>>. Acesso em 13 ago 2016.

POZO, J. I. (Org.). **A solução de problemas: aprender a resolver problemas, resolver problemas para aprender.** Porto Alegre: Artmed, 1998.

_____. **Digital Game-Based Learning.** Minnesota: Paragon House, 2001b.

RICHARD, J. SHAVELSON, D. C. PHILLIPS, L. T. and FEUER, M. J. **Educational Researcher**, Vol. 32, No. 1, pp. 25–28, 2002.

SILVA, F. S. and SERAFIM, M. L. **Rede s sociais no processo de ensino e aprendizagem: com a palavra o adolescente.** In: SOUSA, RP., et al., orgs. Teorias e práticas em tecnologias educacionais [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2016, p. 67-98. ISBN 978-85-7879-326-5.

SCHMITZ, E. X. da S. **Material instrucional sobre sala de aula invertida.** UFSM: Santa Maria, 216. Disponível em: <https://ntetube.nte.ufsm.br/v/1469799357> acesso em: 01 fev. 2017.

SOEGENG, R. **Simple Simulation in Physics Education**. Proceedings from the 4th Australian Computers in Physics Education Conference. Freemantle. 27 Set - 2 Oct 1998.

SOUSA, D. B. **Um curso de ótica baseado em experimentos**. Departamento de Física da Universidade Estadual do Ceará, 2010. 59 p. Apostila. Disponível em: <http://www.uece.br/fisica/index.php/arquivos/doc_details/71-um-curso-de-otica-baseado-em-experimentos>. Acesso em: 12 ago. 2016.

SOUZA, Fred Newton da Silva; ALVES, Juliana Mariano; D'Agostini, Luiz Renato. **Agricultores experimentadores: aprender com a experiência e experimentar para saber**. Palmas: UNITINS, 2008. 56p.

TARNOPOLSKY, O. **Constructivist blended learning approach to teaching english for specific purposes**. Berlin: De Gruyter Open, 2012. Disponível em: <<http://www.degruyter.com/view/product/205438>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

TAROUCO, L. M. R (Org). **Objetos de Aprendizagem: Teoria e Prática**. Porto Alegre: Evangraf, 2014.

TRAMPUS, M. & VELENJE, G. **Let Computers Compute - Mathcad and Word in Secondary School Physics**. Proceedings of the GIREP-ICPE-ICTP International Conference: New Ways of Teaching Physics. Ljubjana, Slovenia, 21/8 a 27/8 de 1996.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

ZUBER-SKERRITT, O. **Professional Development in Higher Education: A Theoretical Framework for Action Research**. Kogan Page, London, 1992.

APÊNDICES

Apêndice A – Atividade Didática 1

Movimento periódico

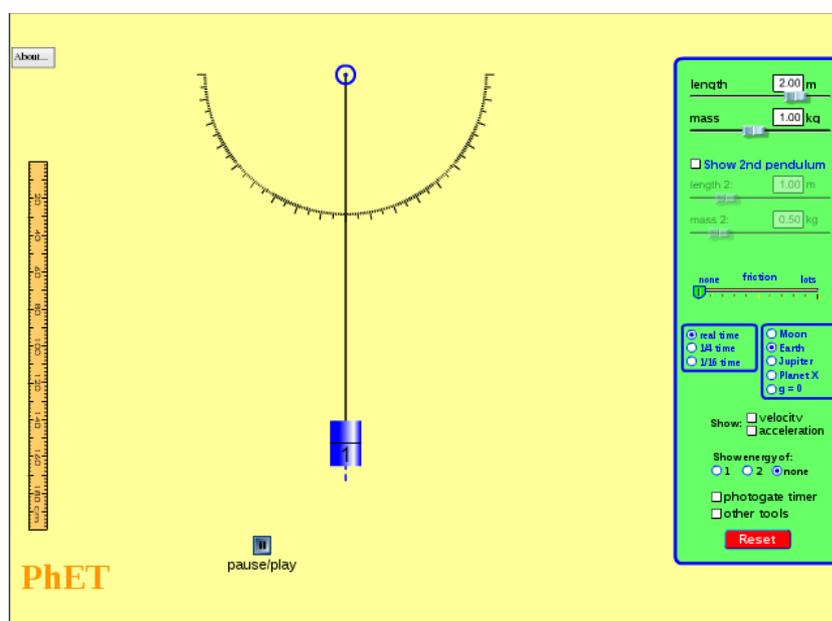
Os movimentos periódicos estão presentes em vários momentos em nossas vidas, como no movimento de um galho de uma árvore que balança com o vento, movimentos do pêndulo de um relógio, de uma corda de violão ou de uma mola. Esses movimentos realizam um mecanismo de “vai e vem” em torno de uma posição de equilíbrio, sendo caracterizados por grandezas físicas, como período, amplitude e frequência.

Dentro dos movimentos periódicos, existe um tipo de movimento que obedece equações mais específicas, esse é o movimento harmônico simples (MHS). O MHS é variado, porém não pode ser considerado uniformemente variado, pois sua aceleração não é constante. Se analisarmos um pêndulo de relógio, por exemplo, veremos que sua velocidade é anulada nas posições extremas e é máxima nos pontos centrais desse movimento.

O MHS, no caso do pêndulo, acontece apenas para pequenas oscilações, sendo assim suas equações só tem sentido para esta condição. Existem várias grandezas físicas que são importantes para o MHS (no caso do pêndulo simples): período, frequência, amplitude, comprimento do fio, aceleração da gravidade, ângulo de oscilação, entre outras.

O período no MHS pode ser calculado por: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

A simulação computacional abaixo representa um pêndulo simples. Chamamos de pêndulo simples o sistema que é composto por um corpo que realiza oscilações preso à extremidade de um fio ideal. As dimensões do corpo são desprezadas quando comparadas ao comprimento do fio.



Questionário:

- **Questão 1.** Qual o período do movimento realizado pelo pêndulo? Explique como você encontrou esse valor. Desconsidere a resistência do ar, as únicas forças que atuam sobre o pêndulo são a tensão do fio e o peso do corpo.
- **Questão 2.** Considere o ângulo de oscilação igual a 10° . Explique como você encontra o período para esse ângulo de oscilação.
- **Questão 3.** Para o ângulo de oscilação 10° o pêndulo descreve MHS? E para 40° ? Estime para até qual valor de ângulo de oscilação podemos dizer que o pêndulo descreve MHS.
- **Questão 4.** Alterando o planeta em que o pêndulo se encontra há mudança no valor do período do movimento? Estime o valor da aceleração da gravidade no planeta x.
- **Questão 5.** Inserindo dois pêndulos explique qual a influência da amplitude de oscilação, do comprimento e da massa dos pêndulos no período do movimento.
- **Questão 6.** Se houver fricção (resistência do ar) o que ocorre com as grandezas físicas estudadas?
- **Questão 7.** Qual a velocidade máxima que o pêndulo atinge? Explique.

Referências e Bibliografia

[ref1] Objeto de aprendizagem disponível em:
phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/pendulum-lab.

[ref2] <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/pendulo-simples.htm>. Acesso em: 25 fev. 2016

[bib1] ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. Curso de Física. São Paulo: Scipione, 2005.

[bib2] GASPAR, Alberto. Física. São Paulo: Ática, 2009. 3v.

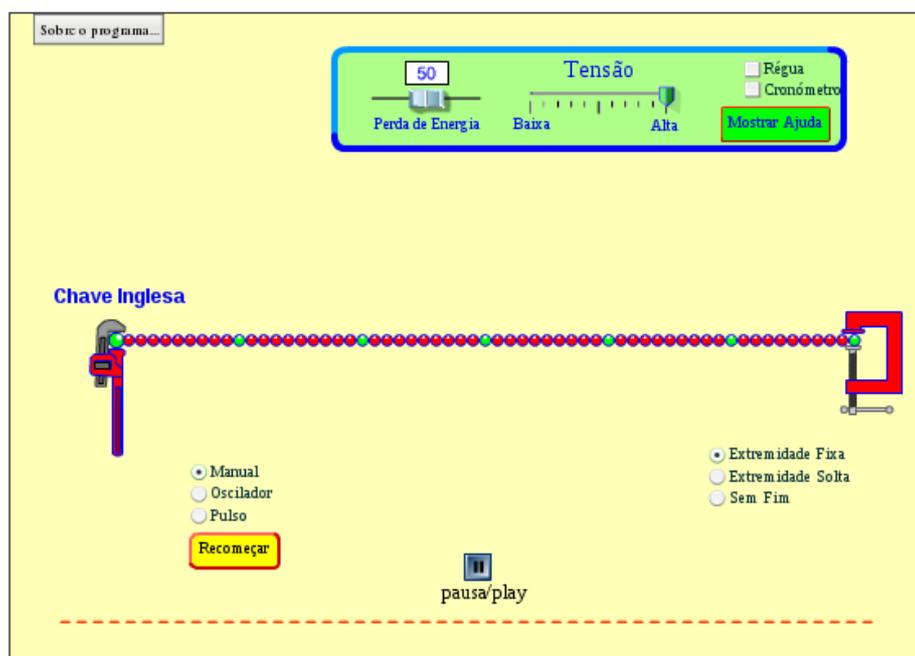
[bib3] LARRY, Gonik; HUFFMAN, Art. Introdução ilustrada à Física. Trad. e adapt. Luís Carlos Menezes. São Paulo: Harbra, 1994

Apêndice B – Atividade Didática 2

Fenomenologia de um pulso de Onda

Imagine a seguinte situação: Você posiciona várias peças de dominó em fila. Então você empurra a primeira peça de dominó da fila, causando uma perturbação apenas nesta primeira peça. Sabemos que todos os dominós subsequentes “sentem” a perturbação que foi impressa no primeiro dominó. A perturbação aplicada no primeiro dominó se propaga até o último dominó da fila, derrubando-o. Mesmo caindo, podemos perceber que cada dominó permanece na sua posição inicial. É importante notar que somente a energia que foi impressa no primeiro dominó chegou a última peça da fila. Concluimos que a perturbação causada no primeiro dominó transporta energia para as demais peças. Visto que cada dominó permanece na sua posição inicial, não podemos dizer que a perturbação que causamos transporta matéria.

Tendo em vista a situação relatada anteriormente, usaremos a seguinte simulação computacional para responder as perguntas que seguem:

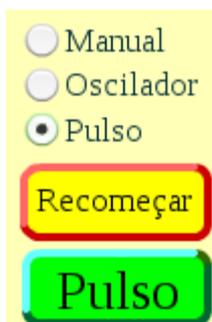


Instruções:

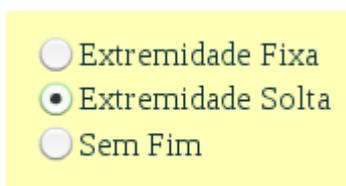
- Para responder as questões propostas, utilize o aplicativo Ondas em uma corda no modo "pulso" conforme as instruções dadas em sala de aula e contidas nas questões abaixo:

Questionário:

- **Questão 1.** Selecione a opção pulso na simulação computacional (conforme figura). O que você observou? Qual a semelhança com a situação relatada dos dominós?.



- **Questão 2.** Percebemos que o pulso de onda bate em um obstáculo e volta. Que nome você daria para o fenômeno de bater no obstáculo e voltar?
- **Questão 3.** Qual o papel da extremidade da corda? Utilizando as três opções de extremidade o que muda e o que permanece igual no pulso?



- **Questão 4.** Encontre uma maneira de calcular a velocidade do pulso. Descreva como você calculou a velocidade de propagação do pulso utilizando a simulação computacional.
- **Questão 5.** Medir o tempo para o pulso ir e voltar. Quanto tempo para dar uma volta completa com extremidade fixa? E com a extremidade solta?
- **Questão 6.** De que que depende a velocidade da onda? Aumente a amplitude e veja se a velocidade depende da amplitude. A extremidade influencia na velocidade? Meça 10 vezes para minimizar o erro na medida.
- **Questão 7.** O que acontece quando dois pulsos se encontram? Um pulso cancela o outro?
- **Questão 8.** O que acontece com a fase do pulso se deixamos a extremidade fixa? E se a extremidade for solta o que acontece com a fase?
- **Questão 9.** Um pulso de onda possui comprimento de onda? Explique.

Referências e Bibliografia

[ref1] Objeto de aprendizagem retirado do phet. Disponível em:

<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/wave-on-a-string> Acesso em: 25 fev. 2016

[bib2] <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=38193>

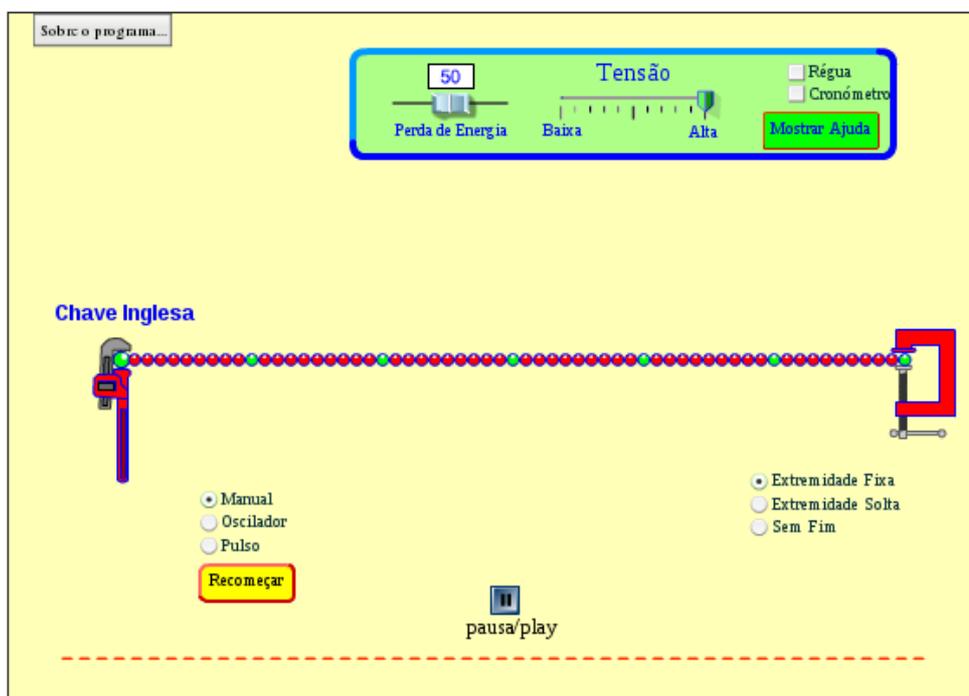
[bib3] <http://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas1/ondulatorio.html>

Apêndice C – Atividade Didática 3

Grandezas relacionadas a uma onda

Para resolver essa atividade vamos imaginar uma praia com ondas. A onda inicia seu movimento no oceano e “quebra” na praia. Agora imagine que no meio do oceano há um barquinho e uma onda passa por ele. Qual o movimento que esse barquinho irá fazer? Não é difícil perceber que ele irá subir e descer.

Da posição em que o barquinho estava até o máximo que ele subiu ou desceu enquanto a onda passava por ele chamamos amplitude da onda. Se esse barquinho subiu 10 cm dizemos que a onda que passou por ele tem uma amplitude de 10 cm. O ponto mais alto que o barquinho chegou, na iminência de mudar o movimento para descida, chamamos crista da onda. E o ponto mais baixo, na iminência de inverter o movimento para subida, chamamos vale da onda. Não é difícil perceber que toda onda tem uma velocidade de propagação. Esta velocidade depende do meio material em que a onda está se propagando. O comprimento de onda é dado pela distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos da mesma onda. O período da onda é o tempo que demora para que um comprimento de onda seja criado, ou seja, a cada comprimento de onda um período. A frequência da onda quantas oscilações completas uma onda dá a cada segundo. Uma oscilação completa representa que passou um comprimento de onda.



Instruções:

- Para responder as questões propostas, utilize o aplicativo Ondas em uma corda no modo "oscilador" conforme as instruções dadas em sala de aula e contidas nas questões abaixo:

Questionário:

- **Questão 1.** Qual o comprimento da onda representada na simulação computacional? Descreva como você calculou (ou encontrou) o comprimento de onda.
- **Questão 2.** Descreva como você mediria o período da onda utilizando a simulação computacional. Existe mais de uma forma de calcular o período da onda?
- **Questão 3.** Ajuste o aplicativo com os seguintes valores: amplitude: 50; frequência: 45; perda de energia: 2; tensão: máxima. Com esses valores a simulação representa a aproximação de uma onda estacionária. Como você explica uma onda estacionária? Por que ela acontece?
- **Questão 4.** O que significa superposição de ondas?
- **Questão 5.** Qual a velocidade da onda estacionária?

- **Questão 6.** Qual papel da extremidade para a formação da onda estacionária? É possível formar uma onda estacionária com uma corda de extremidade sem fim? Explique.

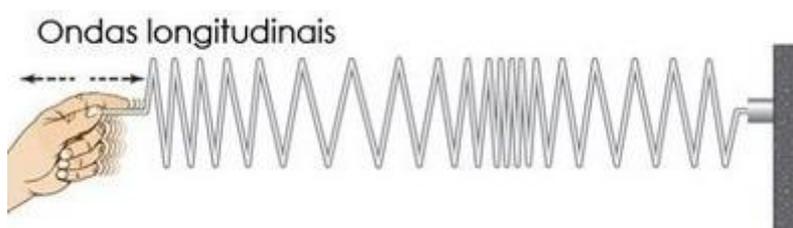
Referências e Bibliografia

- [ref1] Objeto de aprendizagem retirado do phet. Disponível em:
<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/wave-on-a-string> Acesso em: 25 fev. 2016
- [bib2] <http://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas1/ondulatorio.html>
- [bib3] <http://brasilecola.uol.com.br/fisica/ondas.htm>

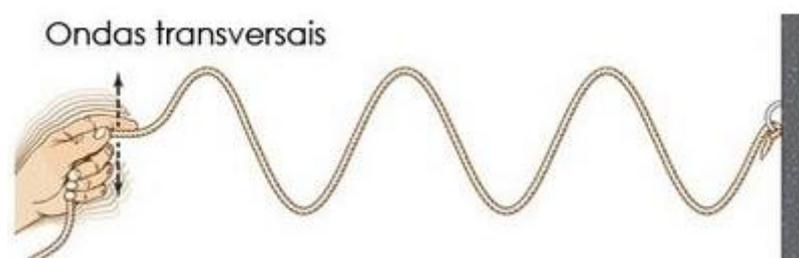
Apêndice D – Atividade Didática 4

Ondas transversais e longitudinais

Ondas longitudinais: acontecem quando a vibração das moléculas ocorre na mesma direção do movimento. Por exemplo, quando você estica e solta uma mola, a vibração e o movimento ocorrem no eixo x, ou seja, horizontalmente.



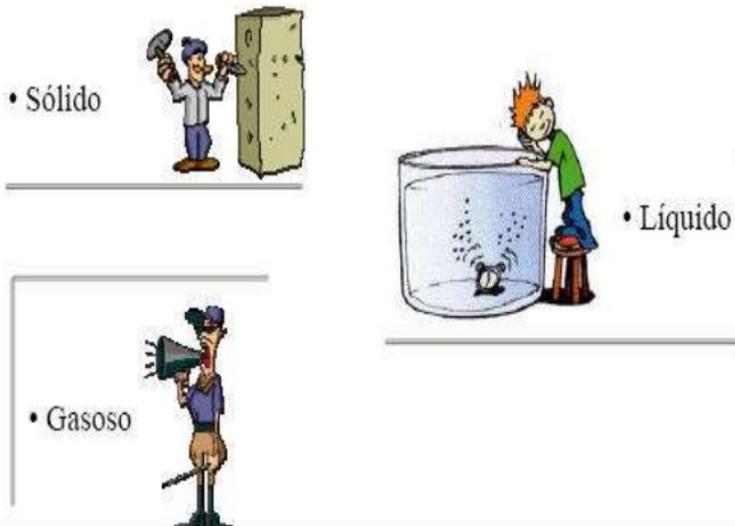
Ondas transversais: ocorrem quando a vibração das moléculas é perpendicular (90°) à direção de propagação da onda. Por exemplo, onda em uma corda, onde a vibração ocorre na direção vertical (para cima e para baixo) e a corda desloca-se na horizontal (da esquerda para a direita).



Existem propriedades do meio em que as ondas se propagam. Certas propriedades fazem com que alguns meios não aceitem ondas longitudinais ou transversais. Por exemplo: para quebrar uma barra de giz precisamos aplicar força em y, se aplicarmos força em x não conseguiremos quebrar a barra de giz, então o giz somente aceita força em x, caso contrário ele quebrará.

O som para chegar no nosso ouvido precisa se propagar pelo ar, no ar somente podem existir ondas longitudinais, ou seja, todas as ondas que se propagam pelo ar tem o seu sentido de deslocamento na mesma direção em que as moléculas vibram. O som pode também, se propagar pelos meios líquidos e sólidos, em todos os casos o som é uma onda longitudinal.

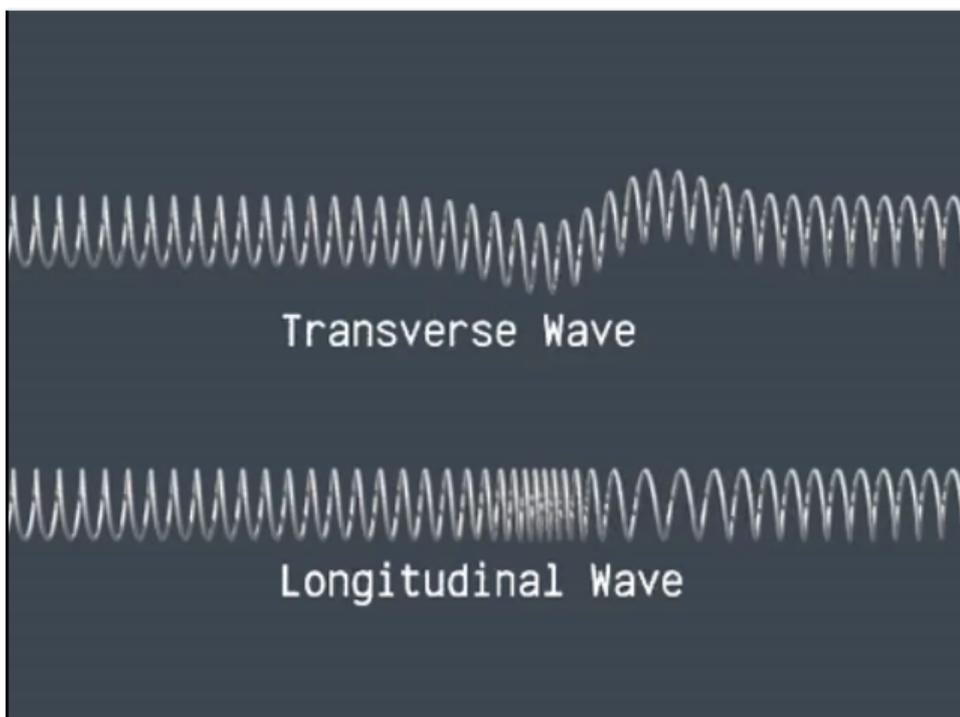
O meio material onde o som se propaga pode ser:



Nos outros meios (além do ar), líquido e sólido, é possível ter ondas transversais?

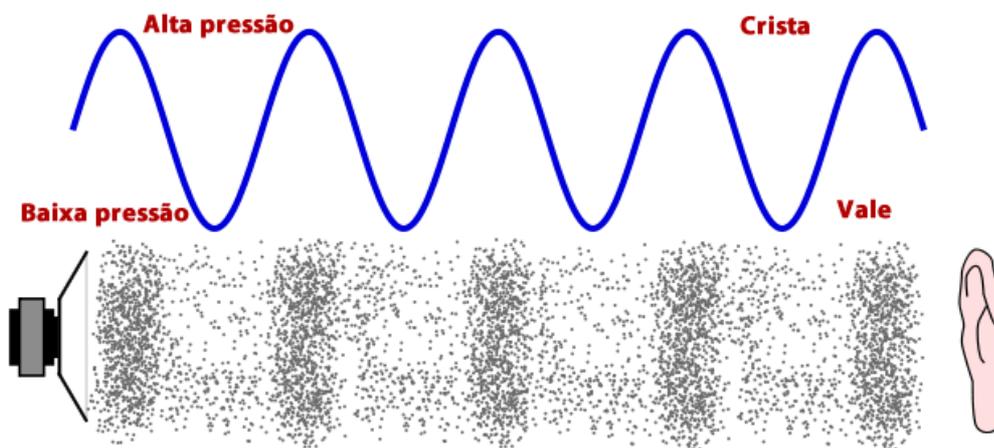
Em uma mola podem ocorrer tanto ondas transversais como ondas longitudinais observe o vídeo: onda transversal e onda longitudinal.

Uma corda só aceita onda transversal, ou seja, não é possível fazer com que as moléculas de uma corda vibrem no sentido do movimento da onda.



Questionário:

- **Questão 1.** A imagem abaixo representa uma onda transversal ou longitudinal? Explique.



Fonte imagem: https://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_mec%C3%A2nica

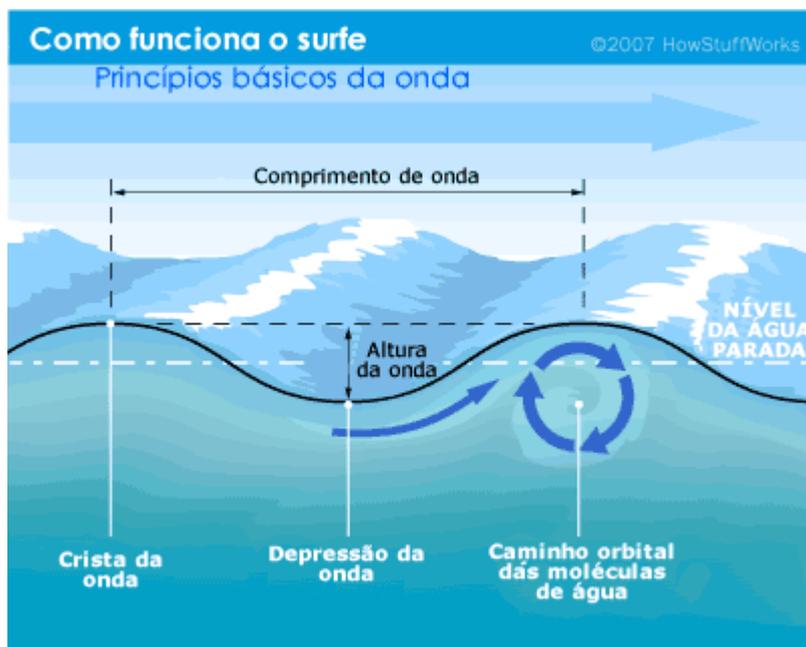
- **Questão 2.** As imagens abaixo representam ondas transversais e/ou longitudinais?



Fonte imagem 1: http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_04.html

Fonte imagem 2: https://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_mec%C3%A2nica

- **Questão 3.** Descreva uma onda transversal e uma onda longitudinal que você vê no seu dia a dia.
- **Questão 4.** Escreva sobre como funciona o surf. Observe a imagem abaixo. Para surfar é necessário uma onda transversal ou longitudinal? Explique.



- Fonte imagem: HowStuffWorks

Referências e Bibliografia

[ref1] Vídeo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Rbuhdo0AZDU> Acesso em: 25 fev. 2016

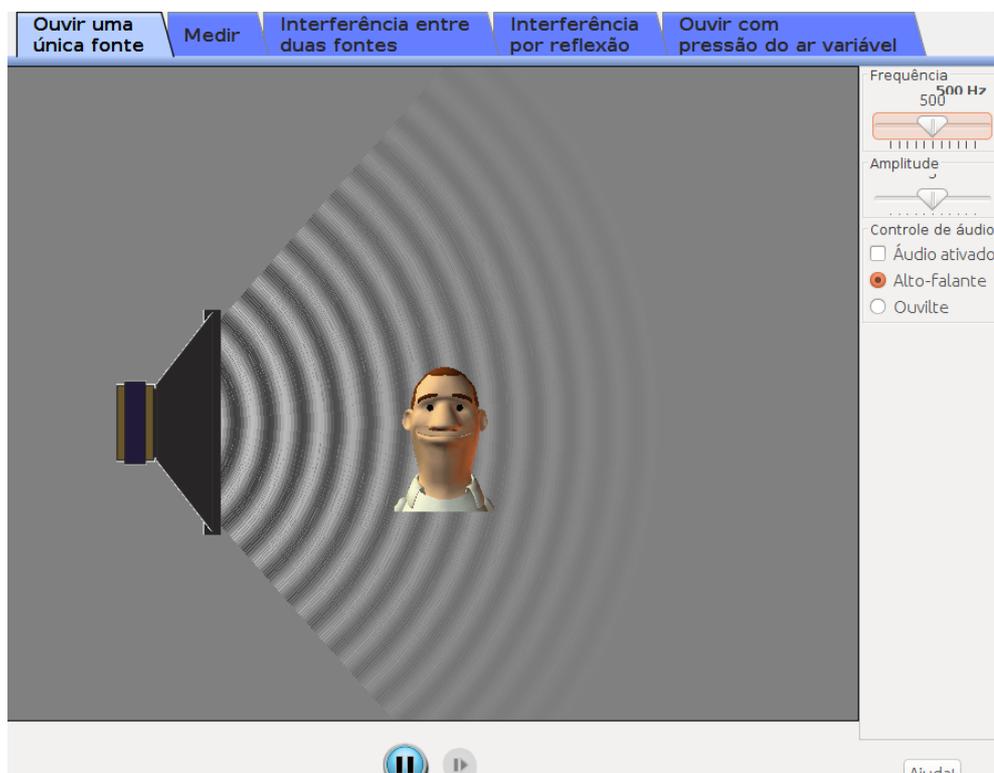
[ref2] Imagem 1 e 2. Disponíveis em: <http://www.explicatorium.com/cfq-8/caracteristicas-das-ondas.html> Acesso em: 15 abr. 2016

[ref3] Imagem 3. Disponível em: http://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/Ondas5.php Acesso em: 15 abr. 2016

Apêndice E – Atividade Didática 5

Ondas sonoras

O som é o responsável pela forma de comunicação mais eficiente que conhecemos: a fala. E o som se comporta como uma onda. A propriedade das ondas mais conhecida é que elas são capazes de transportar energia sem transportar matéria. Em outras palavras, em sua propagação, as ondas transportam energia sem carregar os objetos por onde passam. Observe que, quando alguém fala conosco não somos empurrados na direção de propagação da fala desta pessoa. Simplesmente sentimos a energia sonora do "falar" ressoar nos nossos tímpanos. As ondas sonoras são originadas por vibrações no meio material em que elas vão se propagar. Na maioria dos casos, esse meio é o ar. Tomemos como exemplo uma corda de violão que é posta para vibrar. Essa vibração é transmitida para as moléculas de ar que estão ao redor da corda, que por sua vez passam a vibrar. A vibração dessas moléculas é transmitida para as moléculas vizinhas, que por sua vez também passam a se propagar para outras moléculas vizinhas, e assim sucessivamente. Essa propagação ocorre em todas as direções. Por esse motivo a onda sonora é classificada como onda esférica.



Questionário:

Instrução para responder as questões de 1 a 4: Selecione a aba "Ouvir uma única fonte" na parte superior da simulação computacional.

- **Questão 1.** Toda onda mecânica necessita de um meio para se propagar. Qual a relação entre a velocidade da onda sonora e o meio (sólido, líquido e gasoso) no qual ela se propaga?
- **Questão 2.** Como o som é percebido pela pessoa quando ela se aproxima da fonte sonora? E quando ela se afasta? Por que isso ocorre?
- **Questão 3.** Ao variar a amplitude na simulação percebemos que algo muda na audição da pessoa. Varie a amplitude do mínimo ao máximo, aproxime e afaste a pessoa da fonte sonora. O que você percebeu? Por que isso ocorre? Encontre uma relação de proporcionalidade entre essas variáveis.
- **Questão 4.** Variando a frequência da onda sonora emitida pela fonte percebemos que há uma grande mudança no som que a pessoa ouve. Que mudança é essa? Por que isso ocorre? Em relação a frequência de uma onda sonora como podemos caracterizar a variação no som?

Instrução para responder as questões de 5 e 6: Selecione a aba "Medir" na parte superior da simulação computacional.

- **Questão 5.** Variando a frequência varia o comprimento de onda. Qual o comprimento da onda na frequência máxima? E na frequência mínima?
- **Questão 6.** Como você faria para calcular a velocidade da onda? Dica: Utilize o cronômetro e a régua fornecidos pelo aplicativo

Referências e Bibliografia

[ref1] Objeto de aprendizagem retirado do phet. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/sound> Acesso em: 25 fev. 2016

[ref2] Texto informativo adaptado e baseado em: <http://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/ondas-sonora--b-velocidade-do-som-eco-e-limites-de-audibilidade.htm>

[bib1] ALVARENGA, Beatriz e MÁXIMO, Antônio. Curso de Física, volume 2. Ed. Scipione, 2000.

Apêndice F – Atividade Didática 6

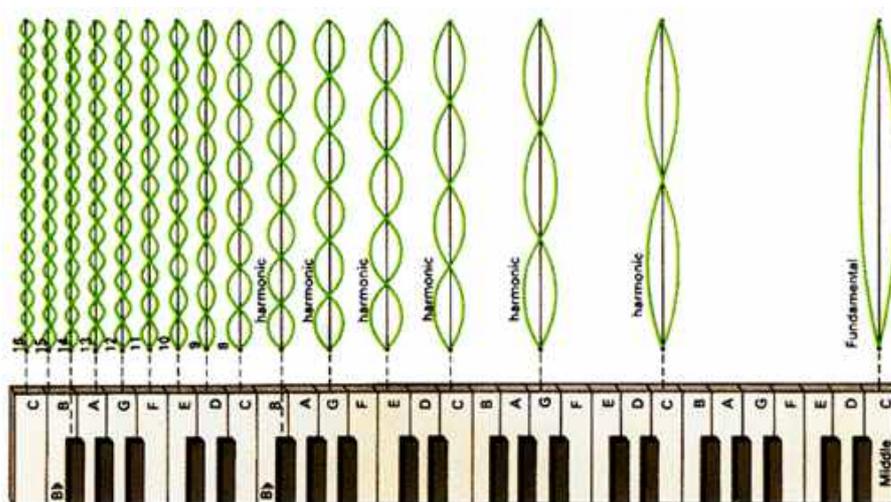
Timbre

Quando uma onda longitudinal estiver vibrando entre uma frequência de 20 a 20.000 hertz e chegar ao ouvido humano, a pessoa terá uma sensação sonora. Portanto podemos estabelecer que som é a sensação que sentimos através do sentido da audição quando a onda estimuladora é do tipo longitudinal e possui uma frequência entre 20 e 20.000 hertz.

Quando escutamos um conjunto musical é possível distinguir os sons emitidos por cada instrumento que faz parte da banda e toca a mesma nota musical, assim como também é possível distinguir o mesmo som emitido pelas diferentes vozes das pessoas com quem conversamos. A qualidade que nos permite distinguir os sons de diversas origens é definida como **timbre**. Resumindo: se diferentes instrumentos tocam a mesma nota estão emitindo a mesma frequência de onda, no entanto somos capazes de distinguir o som, por exemplo, da nota lá de um violino e a nota lá de uma flauta, a qualidade que nos permite essa distinção é o timbre.

A diferença no timbre de diversos sons vem do fato de que as ondas sonoras possuem formatos diferentes. Exemplificando: a forma da onda sonora emitida por um violino é diferente da forma da onda sonora emitida por uma flauta, mesmo que esses dois instrumentos estejam emitindo a mesma nota musical.

O timbre pode ser explicado pressionando-se a tecla de um piano. Assim, uma corda é posta a vibrar, produzindo um som caracterizado por uma frequência fundamental (correspondente à nota própria da tecla) mais os sons que a corda gera vibrando de modos diferentes. Há, na corda, durante a emissão sonora, uma vibração complexa que pode ser decomposta em partes simples: uma oscilação cujo comprimento de onda é igual ao dobro do comprimento da corda (frequência fundamental, ou harmônico de primeira ordem); outra cujo comprimento de onda é metade desse fundamental (harmônico de segunda ordem, de frequência mais alta); outra, ainda, com o comprimento de onda igual a um terço da dupla extensão da corda (harmônico de terceira ordem, de frequência ainda mais elevada), e assim por diante, até o limiar superior de audição do ouvido humano, situado em torno de 16 000 Hz.



HARMÔNICOS

Os átomos possuem uma energia de agitação que está associada à sua temperatura. Essa energia confere a cada átomo uma vibração natural, uma "frequência característica". Um corpo é composto de vários átomos. A combinação (soma) das frequências de vibração de todos os átomos do corpo cria um "padrão de vibração" que caracteriza o corpo, seja ele musical ou não.

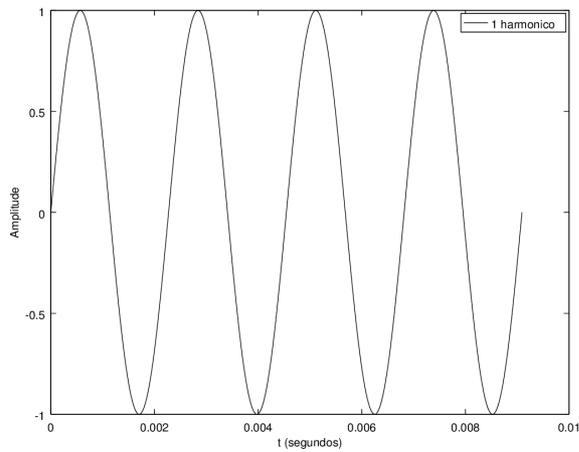
Entretanto, as frequências ligadas à música são criadas por um mecanismo diferente. É necessário "excitar", estimular externamente um corpo, para que ele emita um som. Quando tocamos um violão cada corda tem uma frequência de vibração diferente e o que escutamos é a soma da frequência de todas as cordas. O que cria um padrão de vibração para o violão.

Esse padrão de vibração (a soma das diversas frequências individuais) pode ser representado, genericamente, na forma descrita abaixo:

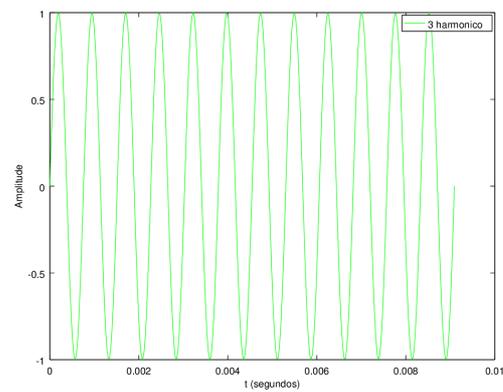
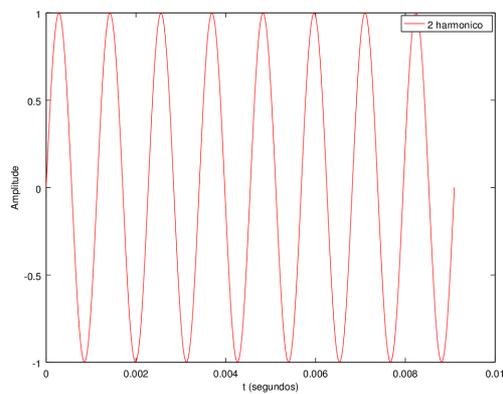
$$\text{SOM} = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6 + \dots,$$

em que a contribuição de cada termo H_1 corresponde a uma determinada frequência, múltipla da frequência do termo H_1 . Chamamos essa série de "série harmônica" e cada termo da série é chamado de harmônico. Assim, o primeiro termo é o harmônico H_1 de ordem 0 (ou fundamental); o segundo, harmônico de primeira ordem, e assim sucessivamente.

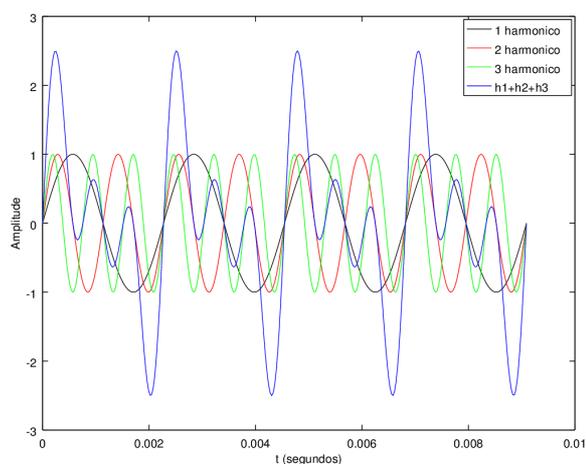
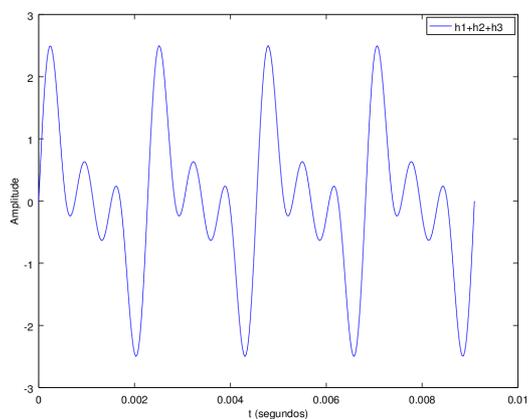
Para entender melhor vamos pensar em uma nota musical e decompô-la. Por exemplo, a nota Lá do piano, o Lá fundamental vibra a uma frequência de 440 Hz. A essa frequência fundamental denominamos primeiro harmônico.



O segundo harmônico vibrará em 880 Hz e o terceiro em 1760 Hz.



A soma de todos esses harmônicos forma uma onda resultante. Quando ouvimos um instrumento tocando uma nota, por exemplo, estamos ouvindo a frequência fundamental mais os harmônicos, gerados por esse instrumento. São frequências distintas, mas “soam como se fossem uma coisa só”.



Como cada instrumento gera uma quantidade de harmônicos diferente dos outros, com potências diferentes, mesmo para uma mesma nota musical, temos sonoridades diferentes. É o timbre que nos permite diferenciar uma mesma nota musical (ou seja, mesma frequência fundamental) tocada em um instrumento ou em outro.

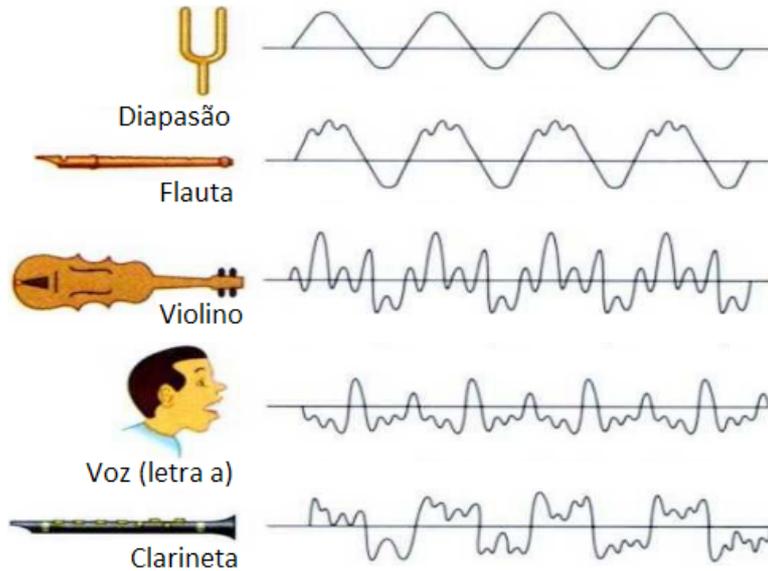
Instruções:

- Para responder as questões propostas, utilize o aplicativo Séries de Fourier: Fazendo Ondas conforme as instruções dadas em sala de aula e contidas nas questões abaixo:

Questionário

Timbre

- **Questão 1.** As ondas da figura acima (timbre) tem a mesma frequência. Como isso pode ser verificado? Argumente.



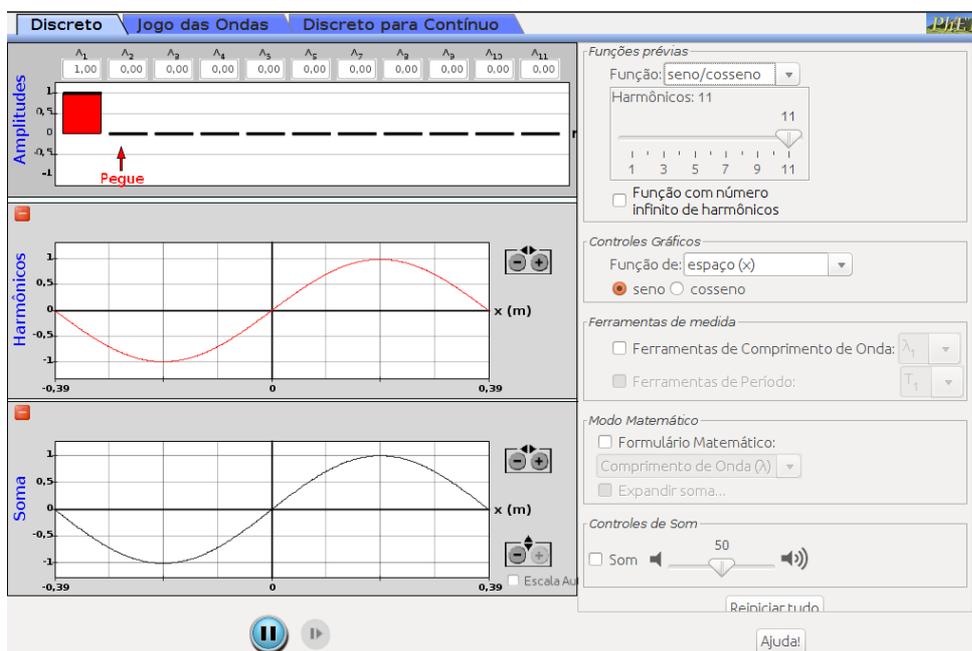
Se preferir você pode enviar uma imagem.

Harmônicos

- **Questão 2.** É possível identificar a sonoridade de cada harmônico em uma nota musical ou somente escutamos o som que resulta da combinação de vários harmônicos? Argumente a respeito.

Produzindo ondas de diferentes timbres

- **Questão 3.** Produza no aplicativo ondas com o mesmo timbre dos gráficos apresentados acima. Faça print screen e envie as imagens.



Referências e Bibliografia

[ref1] Texto informativo adaptado e baseado em:

<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/ondas-sonoras.htm>

[ref2] Imagem 1 (texto informativo):

<http://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/musica.html>

[ref3] Imagem (questão 1) disponível em:

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABqCsAA/ondas-sonoras>

[ref4] Objeto de aprendizagem disponível em:

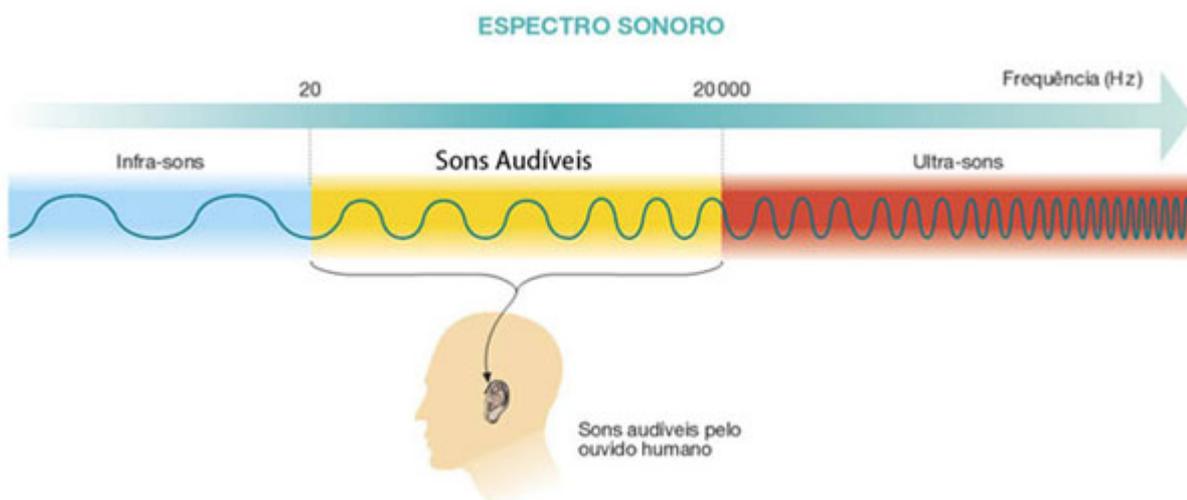
<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/fourier> acesso em maio 2016.

[ref5] Gráficos feitos por nós no Octave.

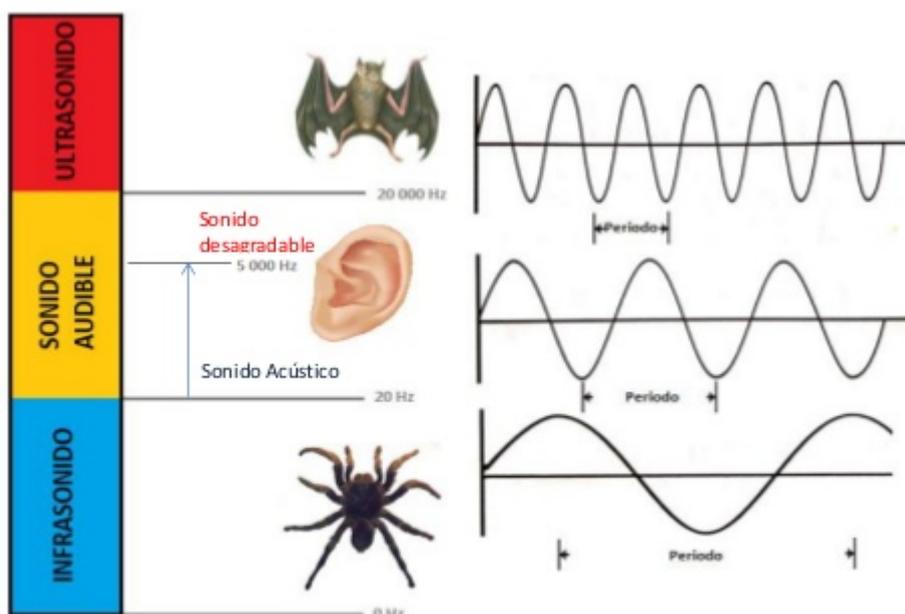
Apêndice G – Atividade Didática 7

Som, infrassom e ultrassom

Infrassom e ultrassom são as ondas que vibram a frequências indetectáveis ao ouvido humano. Enquanto som são as ondas que vibram em uma faixa de frequência audível pelo ser humano. Na figura abaixo observamos as diferenças, no espectro sonoro, entre os sons audíveis e inaudíveis. Notamos uma grande variação na frequências destas ondas.



Outra grandeza que varia bastante do infrassom ao ultrassom é o período, que varia na proporção inversa da frequência.

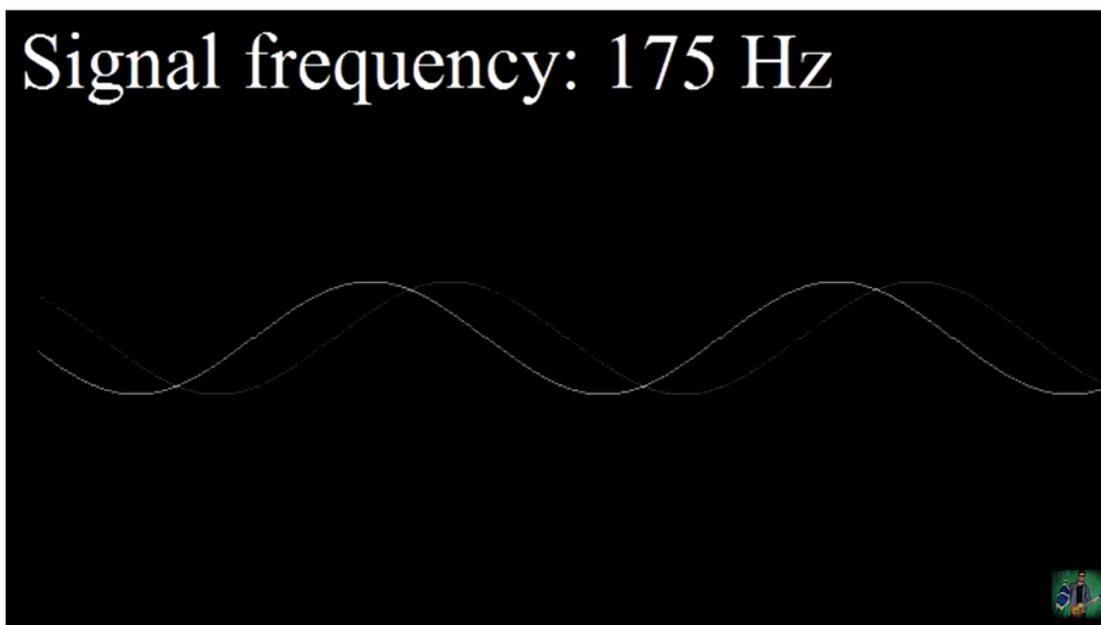


A onda menor que 20 Hz é denominada de infra-som e a maior que 20.000 Hz, ultra-som. Essas ondas até chegam aos nossos ouvidos, mas não são capazes de estimular o nosso sentido da audição. Alguns animais, como o cachorro e o morcego, conseguem captar altas frequências de até 100.000Hz, outros como o elefante e o pombo-correio, são capazes de perceber infrassons.

Infrassom se propaga por distâncias longas, o que produz infrassom são terremotos, abalos sísmicos.

Abaixo temos um vídeo que representa e reproduz ondas que variam sua frequência na faixa detectável pelo ouvido humano.

Frequência audível



Instruções:

- Para responder as questões propostas, assista o vídeo acima e siga as instruções dadas em sala de aula e contidas nas questões abaixo:

Questionário:

- **Questão 1.** Para qual a faixa de frequência, da mínima para a máxima, você conseguiu ouvir o som? Você considera que tem algum problema auditivo? Por que?
- **Questão 2.** Quando uma gestante faz pré-natal ela faz um exame chamado ultrassom. Qual a relação do ultrassom com ondas?
- **Questão 3.** Como funciona o exame de ultrassonografia? Dica: Leve em consideração o efeito Doppler.

- **Questão 4.** Aprendemos nas aulas de biologia que os morcegos têm um "radar" que usam para se movimentar no escuro. Essa "habilidade" dos morcegos também é conhecida com ecolocalização. Explique como funciona esse "radar" e como os morcegos utilizam o ultrassom para se movimentarem no interior de cavernas escuras.

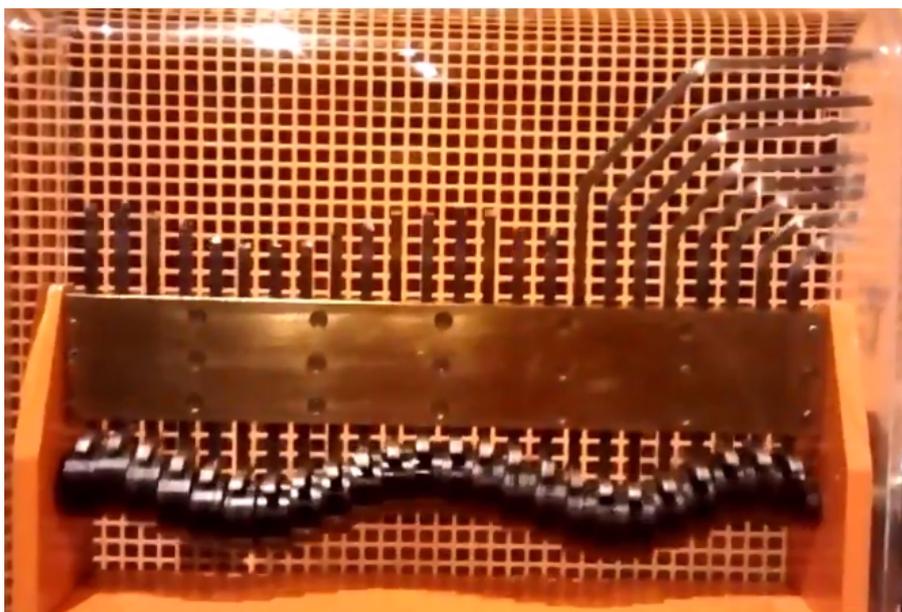
Referências e Bibliografia

- [ref1] Texto informativo adaptado e baseado em:
<http://www.em.com.br/app/noticia/especiais/educacao/enem/2015/11/11/noticia-especial-enem,706844/ondas-sonoras-e-a-capacidade-do-homem-em-emitir-sons.shtml>
- [ref2] Imagem 1 disponível em: http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_07.html acesso em maio 2016.
- [ref3] Imagem 2 disponível em: <http://es.slideshare.net/carloscordova/presentacion-de-servicios-ascalon-mpd-soluciones-predictivas> acesso em maio 2016.
- [ref4] Vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HkzVxwghiik> acesso em maio 2016.

Apêndice H – Atividade Didática 8

Fenômenos e grandezas

Uma pessoa em visita ao Museu de Ciências da PUC, de Porto Alegre (vale a pena a visita!), filmou com seu celular o seguinte item do acervo do museu.



Este item faz analogias com fenômenos com os quais vocês trabalharam nas atividades didáticas anteriores.

[Clique aqui para assistir o vídeo.](#)

Questionário:

- **Questão 1.** Você consegue identificar estes fenômenos no vídeo? Quais você identificou?
- **Questão 2.** Descreva a(s) parte(s) do vídeo que justificam a identificação feita na questão anterior.
- **Questão 3.** O vídeo também permite identificar certas grandezas físicas estudadas em AD anteriores. Quais podem ser identificadas no vídeo? Justifique.
- **Questão 4.** Você seria capaz de estimar um valor numérico para as grandezas que mencionou na questão anterior? Suponha que na tela de fundo cada quadrado tem 2 cm de lado. Quais valores você encontrou? Descreva como você fez as medidas?

Referências e Bibliografia

[Ref1] Vídeo gravado pelo Prof. Ricardo Andreas Sauerwein.

Apêndice I – Atividade Didática 9

Padrão de interferência

Assista ao vídeo do Dr Quantum clicando aqui e responda as questões que seguem:



Questionário:

- **Questão 1.** Como é possível distinguir onda de partícula?
- **Questão 2.** O que mais você achou interessante no vídeo?
- **Questão 3.** Como você percebe o elétron, como onda ou como partícula? Justifique. Faça relações com o vídeo.

Referências e Bibliografia

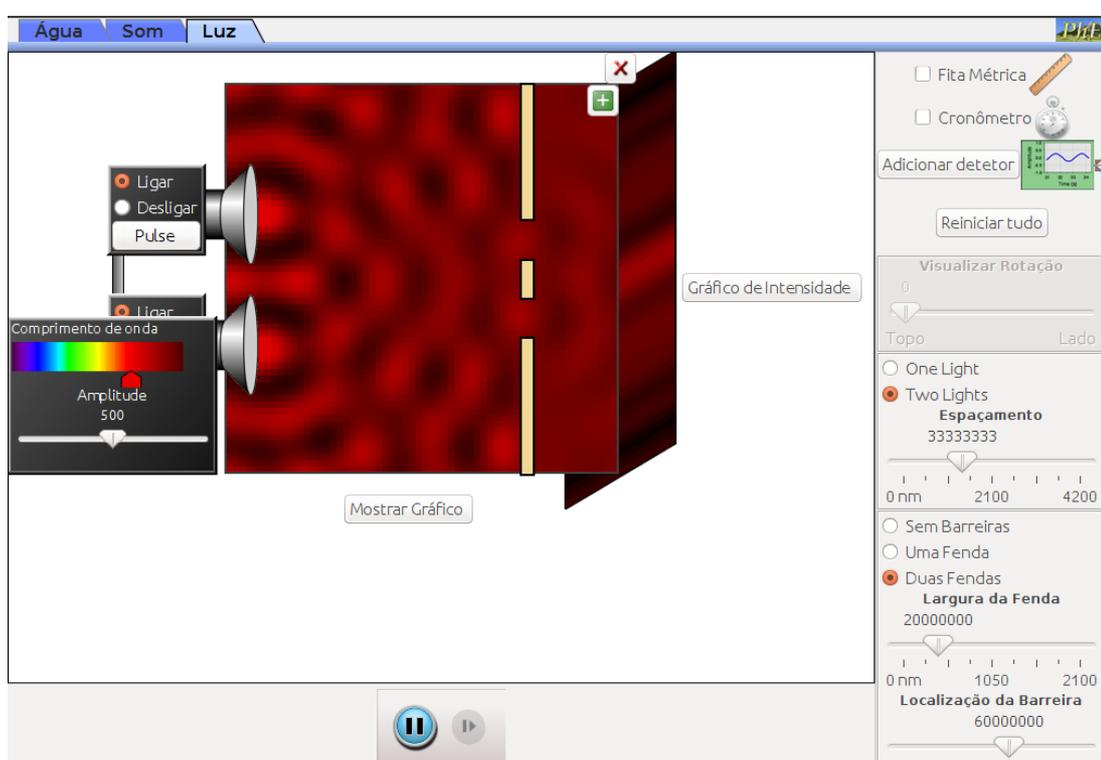
[ref1] Vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zKiCEU6P3U0> acesso em junho 2016.

Apêndice J – Atividade Didática 10

Interferência de Ondas

Você já deve ter deixado seu celular tocar perto das caixinhas de som de um computador e percebido que elas começaram a chiar. Também já deve ter ouvido falar que, ao viajar de avião, o celular deve ser desligado para evitar falhas nos aparelhos de comunicação. Os dois casos têm a mesma razão: a interferência de ondas.

A interferência de ondas pode ser construtiva ou destrutiva.



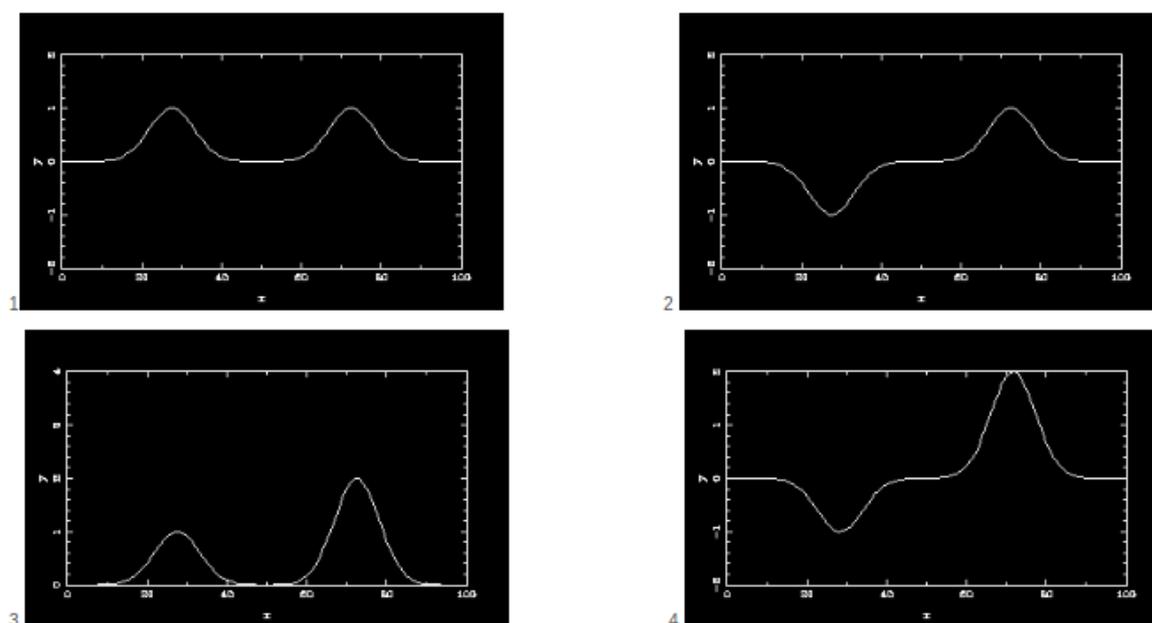
Instruções:

- Para responder as questões propostas, utilize o aplicativo Interferência de Ondas conforme as instruções dadas em sala de aula e contidas nas questões abaixo:

Questionário:

- **Questão 1.** O que é necessário para que ocorra uma interferência de ondas?
- **Questão 2.** Na simulação computacional, selecione a aba "luz" e clique em "mostrar tela". O que você observa?

- **Questão 3.** Coloque duas fontes, selecionando o botão "Two Lights". O que você observa? Existe padrão de interferência?
- **Questão 4.** Com duas fontes selecione o botão "Duas Fendas". O que você observa? Existe um padrão de interferência? Argumente.
- **Questão 5.** Com uma única fonte, selecione o botão "Duas Fendas". O que você observa? Existe um padrão de interferência? Argumente.
Você pode modificar a largura das fendas, a posição da barreira... veja tudo que a simulação oferece!
- **Questão 6.** Identifique o que é um padrão de interferência. Escreva sobre.
- **Questão 7.** Comente as diferenças e semelhanças entre os fenômenos representados nas animações abaixo.



Questão 8. Pulsos também interferem? Assista as animações acima e classifique o tipo de interferência que você observa.

Referências e Bibliografia

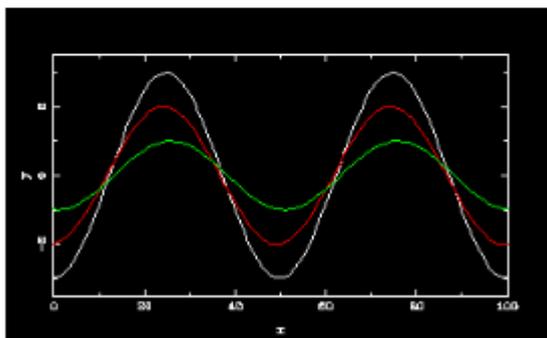
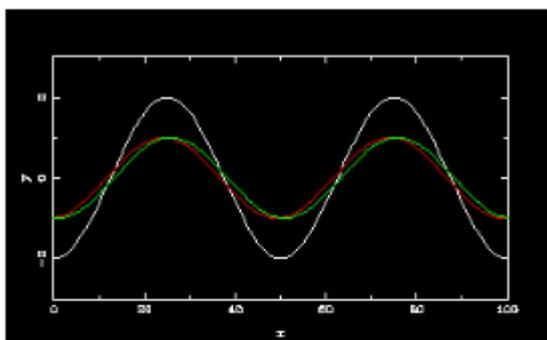
[ref1] Objeto de aprendizagem retirado do phet. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/wave-interference> Acesso em maio de 2016

[ref2] Animações em gif produzidas pelo professor Ricardo Andreas Sauerwein

Apêndice K – Atividade Didática 11

Ondas estacionárias

Ondas Estacionárias se formam a partir da superposição de duas ondas. Observe os gifs abaixo e responda as questões que seguem.



Questionário

- **Questão 1.** O que você observou nas animações? O que indica cada cor das ondas?
- **Questão 2.** Alguma das animações acima representa uma onda estacionária? Qual? Explique.
- **Questão 3.** Por que o nome desta onda é Onda Estacionária?

Referências e Bibliografia

[ref1] Animações gifs criadas pelo professor Ricardo Andreas Sauerwein.

Apêndice L – Atividade Didática 12

Reflexão, refração e difração

A LUZ COMO UMA ONDA

Nesta atividade vamos estudar três novos fenômenos ondulatórios: **Reflexão, Refração e Difração**. Como os demais fenômenos ondulatórios que estudamos até agora, estes também são possíveis de ser exibidos por quaisquer tipos de onda, tanto para ondas sonoras quanto para luminosas. A luz também tem comportamento ondulatório e por isso não há maneira melhor de visualizar (literalmente!) estes fenômenos do que a luz.

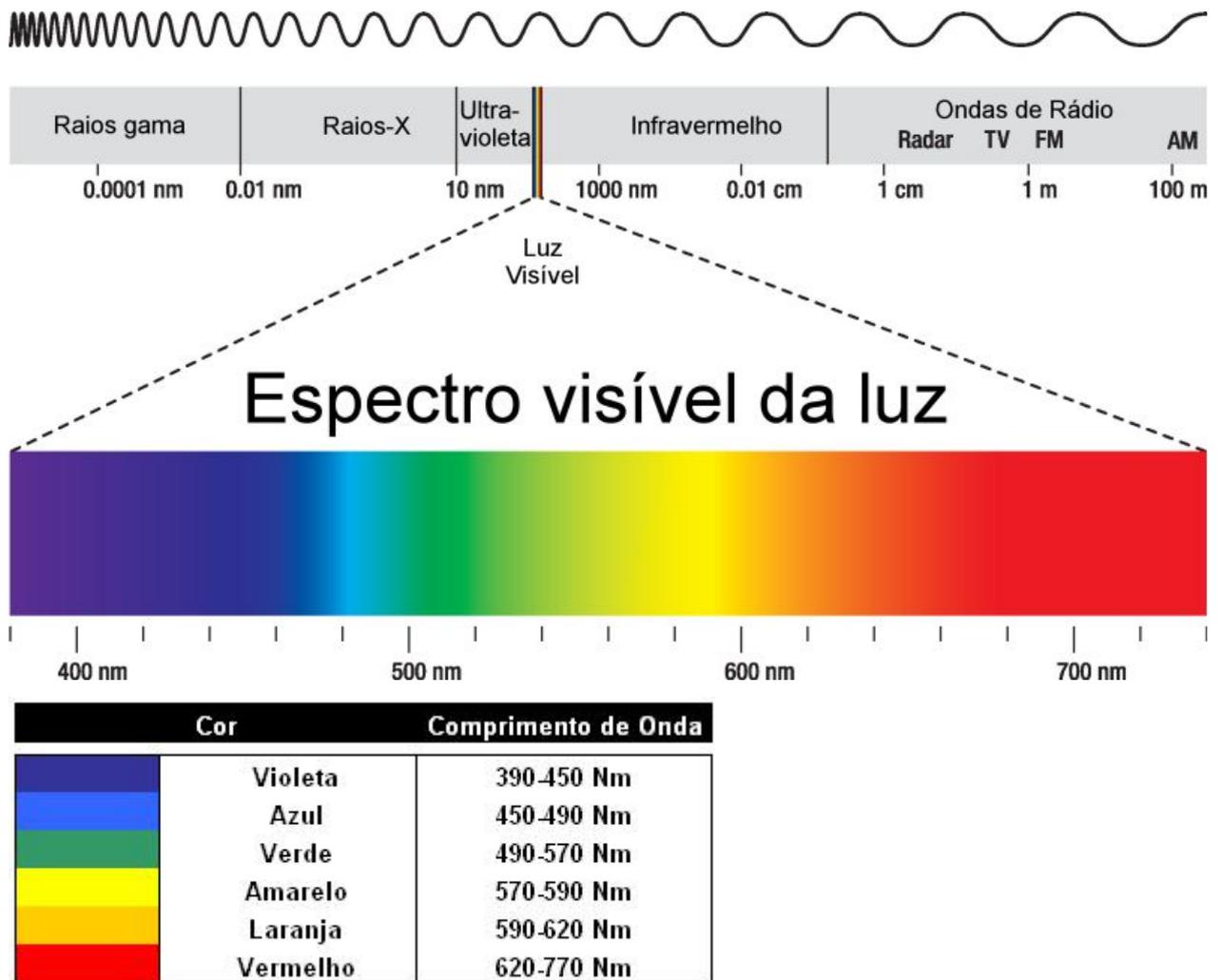
Como a frequência da vibração da luz é muito alta (da ordem de 10^{10} htz) e seu comprimento de onda muito pequeno (da ordem de 500nm) nossos sentidos não percebem o caráter ondulatório da luz, mas outras experiências mostram isso de maneira inequívoca (como vimos no vídeo do Dr Quantum).

A luz é uma onda que se propaga no vácuo com velocidade constante ($c=3 \times 10^8$ m/s) e em alguns meios materiais. A velocidade de propagação da luz em um meio material é dada por onde n é chamado índice de refração. Este índice de refração (n) é uma grandeza que depende das propriedades do meio, além disso é uma grandeza adimensional e sempre maior que 1. Por exemplo, o índice de refração da água é 1, do vidro é 1,5.

Para um determinado meio o índice de refração também depende do comprimento de onda da luz incidente. Por exemplo, o índice de refração da água para o comprimento de onda 550 nm (cor verde) é 1,33, do vidro é 1,52.

O índice de refração de um meio também pode ser visto como a razão entre a velocidade de propagação da luz no vácuo e a velocidade de propagação da luz neste meio (v), com a velocidade de propagação da luz no vácuo é a maior velocidade possível de ser alcançada por qualquer coisa capaz de transmitir energia isso explica porque o n é sempre maior que 1.

O que diferencia uma onda luminosa de outra, além de sua intensidade, é essencialmente o seu comprimento de onda ou sua frequência. Nossos olhos percebem essa diferença pela cor da luz. No quadro abaixo, representa-se a relação entre o comprimento de onda e sua cor (que é chamado espectro de luz). A luz branca é a mistura de todas as luzes do espectro.

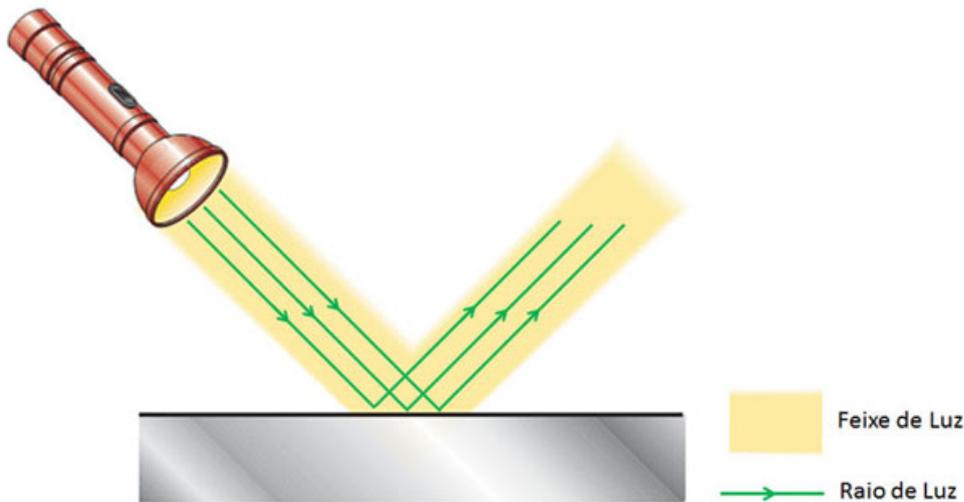


Lembrando que o comprimento de onda e a frequência de uma onda estão relacionados com sua velocidade de propagação.

Quando uma onda se propaga de um meio a outro, na interface entre os meios ocorre os fenômenos da reflexão e refração. A reflexão ocorre quando a onda permanece no mesmo meio que a onda incidente e a refração quando a onda passa de um meio para outro.

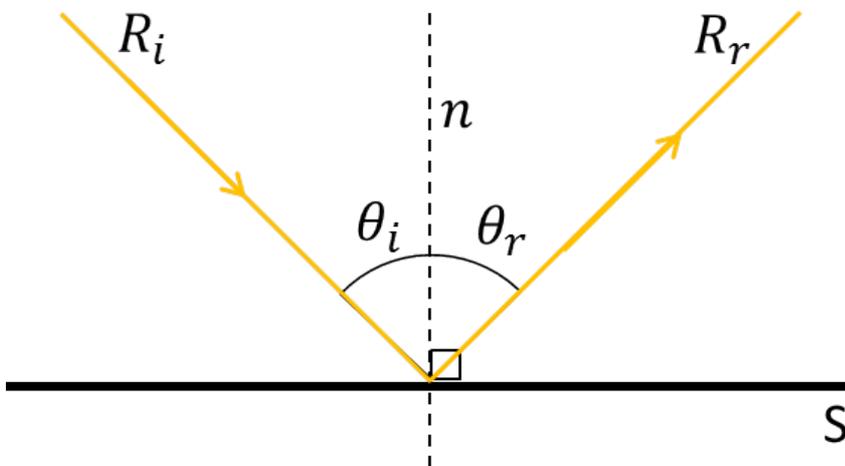
REFLEXÃO

Toda onda quando se depara com outro meio, diferente do meio em que se encontra, ela é refletida. A onda incidente nunca é desviada. Um bom exemplo de reflexão de ondas é o eco. Quando falamos em grandes espaços livres, onde existe uma mudança de meio, o som que emitimos é refletido, dando esse som característico.



Segundo a lei da reflexão, o feixe de luz incidente tem a mesma intensidade do feixe de luz refletido.

S: superfície plana



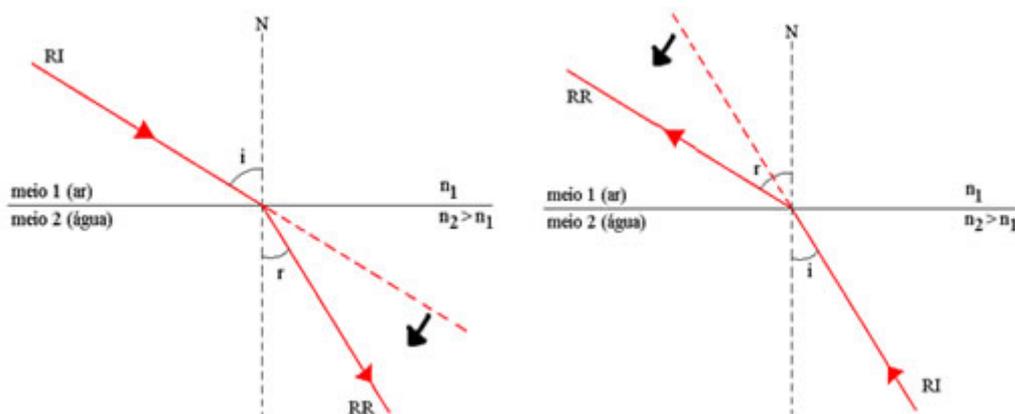
Onde n é a normal, R_i é o raio incidente, R_r é o raio refletido, θ_i é o ângulo que o raio incidente faz com a normal e θ_r é o ângulo que o raio refletido faz com a normal. Pelo desenho, podemos perceber que $\theta_i = \theta_r$.

REFRAÇÃO

Quando dizemos que a onda foi refratada queremos dizer que sua velocidade foi alterada e sua direção sofreu uma mudança de sentido, passando obliquamente para o outro meio. Você já deve ter observado uma situação como a imagem abaixo, não é difícil perceber a refração quando você vai tomar água e põe um canudo no copo.



Diferentemente da reflexão, na refração o ângulo do raio incidente com a normal é diferente do ângulo que o raio refratado faz com a mesma. Neste caso, obedece-se a lei de Snell, onde o índice de refração depende do meio em que a onda se encontra e do comprimento de onda.



A Lei de Snell também conhecida como segunda lei da refração, enunciando que: *na refração o produto do índice de refração do meio, no qual se encontra o raio pelo seno do ângulo que esse raio forma com a reta normal à interface no ponto de incidência, é constante.*

DIFRAÇÃO

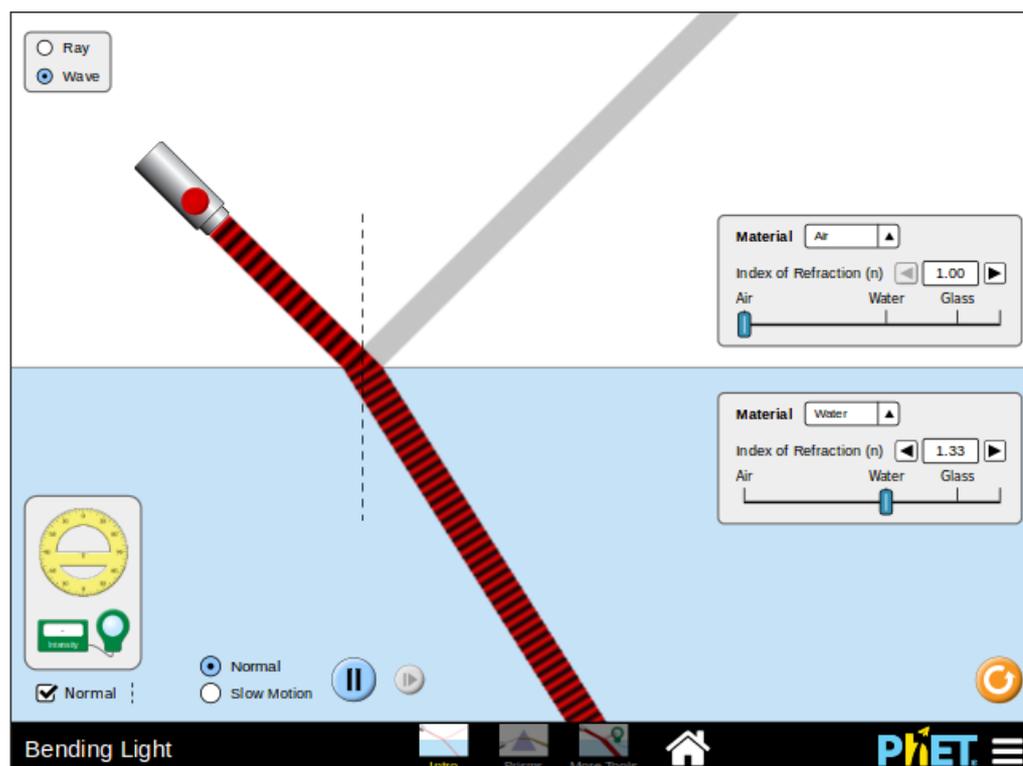
O outro fenômeno relativo às mudanças que ocorrem nas ondas é a **difração**. Um exemplo claro desse fenômeno é quando duas pessoas, separadas por um muro, conversam. Neste caso, as ondas iriam refletir para a mesma pessoa (reflexão), ou passar pelo muro (refração), porém a intensidade seria bastante menor. O fato é que a pessoa do outro lado do muro escuta

perfeitamente bem o que a outra diz, isso se dá devido ao fenômeno da difração. A difração é a propriedade que a onda possui de contornar o obstáculo e se propagar. Quanto maior o comprimento da onda, mais fácil será sua difração, já que em alguns casos de ondas muito pequenas, elas provavelmente não conseguirão se difratar.



Questionário:

- **Questão 1.** Descreva em termos dos fenômenos ondulatórios como é possível ver sua imagem no espelho.
- **Questão 2.** É possível identificar a luz pela frequência ao invés do comprimento de onda? Em caso afirmativo qual a frequência de cada cor do espectro da tabela mostrada? Por que as pessoas preferem identificar pelo comprimento de onda?
- **Questão 3.** Utilize a seguinte simulação computacional:



Tem um bug (jargão para mal funcionamento de um software) nessa simulação que aparece somente no Firefox, use este navegador e identifique e explique porque o que esta sendo representado no aplicativo não pode acontecer na realidade.

- **Questão 4.** Utilizando a mesma simulação computacional da questão 2 (na aba Prisms). Escolha uma figura (prisma, quadrado, círculo...), em seguida selecione o botão "Reflections", com a luz monocromática indique em um print quais os raios incidente, refratado e refletido. Se necessário mova o laser para que esses raios apareçam com uma maior visibilidade.
- **Questão 5.** Porque o prisma separa as cores, no caso de incidirmos um raio de luz branca nele? Em que situação ocorre reflexão total para a cor azul? Por que isso ocorre?
- **Questão 6.** Utilizando a simulação na aba "Intro", selecionando água como sendo o primeiro meio e "material misterioso A" o segundo meio. Qual o índice de refração do meio misterioso A? Se utilizarmos o primeiro meio como sendo "misterioso A" e o segundo meio "misterioso B", quais são os respectivos índices de refração?
- **Questão 7.** Imagine a seguinte situação: Você está em uma sala conversando como uma outra pessoa. O que você está falando com essa pessoa é algo que você quer que só ela saiba. Porém a porta da sala está entreaberta e uma pessoa está sentada do lado de fora. Esta pessoa ouvirá o que você está falando? Explique o que ocorre.
- **Questão 8.** A transmissão de redes de internet e de TV a cabo são feitas por ondas que se propagam no interior dos cabos. Idealmente um cabo com origem no transmissor A (geradora do sinal de TV a cabo) até o receptor B (TV na casa do espectador) faria este trabalho. No entanto isto é impraticável pois a distância é muito grande e existem vários receptores, cada um em um endereço diferente. Portanto é necessário usar conectores para ligar diferentes segmentos de cabos. A existência de muitos conectores degrada o sinal. Explique porque isso ocorre em termos dos fenômenos ondulatórios.
Dica: Interprete o conector como um obstáculo e/ou um meio intermediário de propagação.

Referências e Bibliografia

[ref1] Objeto de aprendizagem retirado do phet. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/bending-light> acesso em: maio de 2016

[ref2] Imagem 1 disponível em: <http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/> acesso em maio 2016.

[ref3] Imagem 2 disponível em: <http://acquaticos.blogspot.com.br/2010/06/temperaturas-decor-na-escala-kelvin.html> acesso em maio de 2016.

[ref4] Imagem 3 disponível em: <http://www.explicatorium.com/cfq-8/reflexao-da-luz.html> acesso em maio de 2016.

[ref5] Imagem 4 disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/reflexao-luz.htm> acesso em maio 2016.

[ref6] Imagem 5 disponível em: <http://hayannarldv.blogspot.com.br/2014/06/refracao-e-reflexao-da-luz.html> acesso em maio 2016.

[ref7] Imagem 6 disponível em: <http://brasilecola.uol.com.br/fisica/lei-snell-descartes.htm> acesso em maio 2016.

[ref8] Imagem 7 disponível em: <http://www.ibytes.com.br/a-difracao-das-ondas-eletromagneticas-devido-a-obstaculos/> acesso em maio 2016.

Apêndice M – Atividade Didática 13

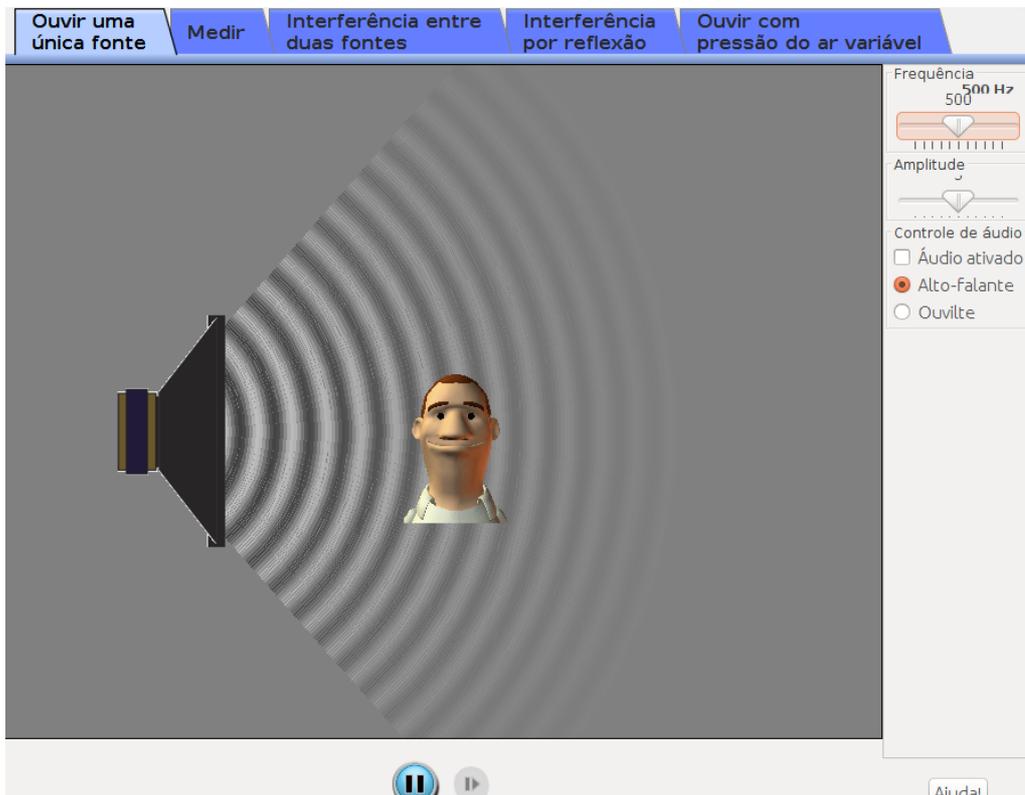
Efeito Doppler

Em algum momento você já se deparou com uma situação onde ouviu o som da sirene de uma ambulância passando? Você já deve ter notado que o som da sirene da ambulância ou de um carro de bombeiros parece ser mais agudo quando o móvel (ambulância ou carro de bombeiros) se aproxima do que durante seu afastamento. Na realidade, a frequência emitida pela ambulância é sempre a mesma. Se você estivesse dentro da ambulância você escutaria sempre o mesmo som, já uma pessoa na calçada escuta o som com uma frequência diferente quando a ambulância está em movimento. Quanto maior a velocidade relativa entre a fonte emissora e o observador mais notável é o efeito Doppler. [Clique aqui \[ref2\]](#) para escutar o efeito Doppler de uma buzina de carro em movimento, consegue perceber quando o carro se aproxima ou afasta?

Este fenômeno em que a frequência da onda produzida por uma fonte emissora é diferente da frequência medida por algum observador é chamada Efeito Doppler e ocorre sempre que há um movimento relativo entre a fonte e o observador. A frequência ouvida é diferente da frequência emitida pela fonte, e esse efeito é chamado de **efeito Doppler**.

Questionário

- **Questão 1.** Utilizando a simulação computacional na aba 1, é possível observar o efeito Doppler? Em que situação? Explique.



- **Questão 2.** Existe um radar, que mede a velocidade dos carros, por efeito Doppler. Explique como isso é possível?



- **Questão 3.** A luz observada das estrelas distantes tem uma frequência que parece ligeiramente deslocada para o vermelho em relação ao que seria esperado se não houvesse o movimento relativo entre as estrelas e o planeta Terra. Esse fenômeno é chamado de Desvio para o Vermelho (Red shift). Explicando este fenômeno em termos do efeito Doppler pode-se concluir que as estrelas distantes estão se afastando ou se aproximando? Justifique.
- **Questão 4.** O Sheldon, da The Big Bang Theory, foi a uma festa fantasiado de efeito Doppler. O que justificaria o nome da fantasia? A analogia apresentada na fantasia é perfeitamente adequada? Explique.



Referências e Bibliografia

[ref1] Objeto de aprendizagem retirado do phet. Disponível em: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/sound Acesso em: 25 fev. 2016

[ref2] Som disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Doppler

[ref3] Imagem 1 disponível em: <http://alunosonline.uol.com.br/fisica/efeito-doppler.html> acesso em junho 2016.

[ref4] Imagem 2 disponível em: <http://pinheiroonline.blogspot.com.br/2014/09/operacao-com-multiplos-radares-aumenta.html> acesso em junho 2016.

[ref5] Imagem 3 disponível em: <https://minilua.com/wi-fi-pode-espiar-que-voce-anda-fazendo/> acesso em junho 2016.

Apêndice N – Atividade Didática 14

Ressonância

A ressonância mecânica ocorre quando um corpo recebe pulsos energéticos com frequência igual a uma de suas frequências naturais de vibração. Isso faz com que ele passe a ter amplitudes cada vez maiores, pois o sistema vai armazenando energia.

Muitos sistemas físicos possuem uma ou mais frequências naturais de vibração. Se um sistema receber pulsos energéticos com frequência igual a uma de suas frequências naturais, ele passará a vibrar com amplitudes cada vez maiores.

Podemos produzir ressonância mecânica ao empurrarmos um balanço se a frequência dos empurrões periódicos for a mesma da frequência natural do balanço. Assim, o balanço consegue executar o movimento com amplitudes cada vez maiores, chegando a alturas cada vez maiores.

A ressonância mecânica já causou diversos desastres e destruições. Uma delas foi a queda da Ponte de Tacoma ([clique aqui para assistir o vídeo](#)), em que a frequência natural dessa onda era igual à frequência do vento no local. Isso fez com que a ponte começasse a vibrar e a balançar como se fosse um pedaço de papel na presença do vento, o que destruiu sua estrutura.

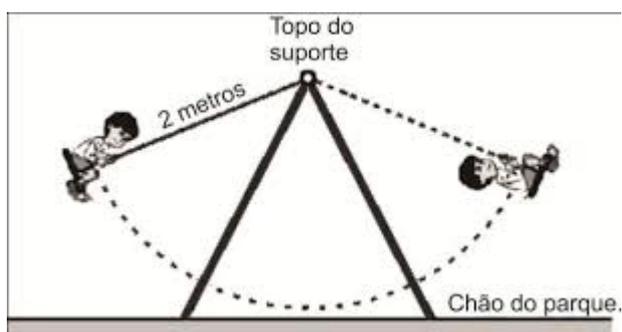
Outro exemplo de ressonância mecânica é o que podemos observar sempre em filmes ou desenhos: a quebra de uma taça com o canto agudo de um cantor lírico ([clique aqui para assistir o vídeo](#)). A taça é quebrada por ter sua frequência natural igual à frequência das ondas sonoras emitidas pelo cantor. Dessa forma, ela entre em ressonância e começa a vibrar até quebrar.

Instruções:

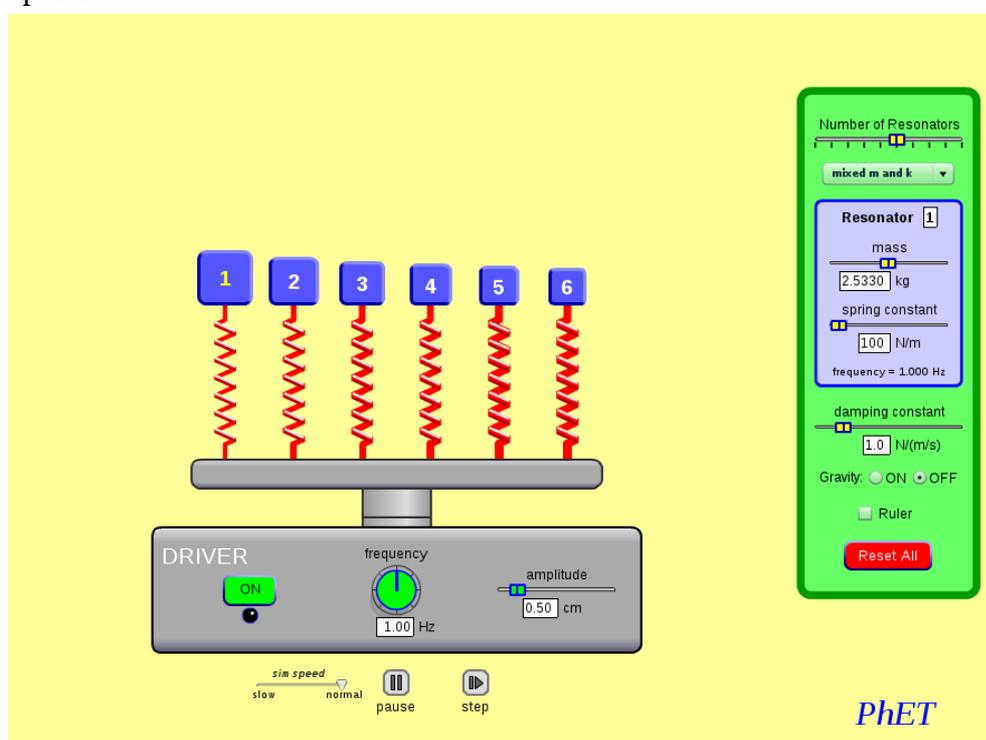
- Para responder as questões propostas, utilize o aplicativo Ressonância conforme as instruções dadas em sala de aula e contidas nas questões abaixo:

Questionário:

- **Questão 1.** Se uma criança está brincando de balançar em um parque, conforme a figura. De quanto em quanto tempo ela deverá dar o impulso para que o seu movimento entre em ressonância com o movimento do balanço? Justifique.



- **Questão 2.** Utilize o aplicativo abaixo, selecione na barra do canto superior direito, seis ressonadores. Qual corpo entrou em ressonância após ligar o driver? Justifique sua resposta.



- **Questão 3.** Varie a frequência do driver e faça com que os outros corpos entrem em ressonância. Abaixo escreva a frequência de ressonância de cada corpo e determine suas respectivas amplitudes de ressonância.
- **Questão 4.** Ajuste a frequência para que um dos sistemas esteja em ressonância. O que acontece quando a constante de amortecimento dobra de valor (de 1 para 2 N/(m/s))? E quando vale a metade do valor inicial (de 1 N/(m/s) para 0,5 N/(m/s))? O que aconteceria se essa grandeza fosse nula?

- **Questão 5.** É possível que sistemas (massa-mola) com características diferentes tenham a mesma frequência de ressonância? Em caso afirmativo de exemplos e justifique.
- **Questão 6.** Atualmente para evitar que novos casos como a ponte de Tacoma ocorram, que cuidados devem ser tomados? Explique isso em termos do sistema massa-mola apresentado na simulação e cite as grandezas que devem ser consideradas.
- **Questão 7.** Percebemos que a simulação é bastante rica em possibilidades interativas, tente formular uma questão para o colega usando essa interface.

Referências e Bibliografia

[ref1] Objeto de aprendizagem retirado do phet. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/resonance> acesso em: junho 2016

[ref2] Imagem disponível em: <http://educacao.globo.com/provas/enem-2014/questoes/152.html> acesso em junho 2016.

[ref3] Vídeo 1 disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=5E7T4AlYpNg> acesso em junho 2016.

[ref4] Vídeo 2 disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=dclQNcITjC4> acesso em junho 2016.

ANEXOS

ANEXO 1 – PROPOSTA DE CURSO APRESENTADA A ESCOLA

PROPOSTA DE INSERÇÃO DE ATIVIDADES DIDÁTICAS COMPLEMENTARES SOBRE OSCILAÇÕES E ONDAS MEDIADAS POR SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

DESCRIÇÃO

Essa proposta de curso consiste em um conjunto de atividades didáticas sobre ondas. Com o intuito de facilitar a aprendizagem dos estudantes, a cerca de um conteúdo muito importante da Física, planejamos essas atividades. O curso foi desenvolvido a fim de estudar a fenomenologia de processos ondulatórios, as grandezas físicas e suas relações. Inserida no conteúdo curricular da segunda série do Ensino Médio. As atividades didáticas serão mediadas por simulações computacionais, do portal PhET, mantido pela Universidade do Colorado. As simulações serão inseridas para que os estudantes possam visualizar as ondas e identificar suas propriedades, visto que a onda é um fenômeno dinâmico e não basta fazer o esquema no quadro, pois assim fica difícil para o estudante entendê-la como algo que está em movimento.

Essas atividades didáticas serão desenvolvidas a partir da análise das simulações que representam o modelo de um fenômeno ondulatório, logo após os estudantes deverão responder um questionário com os conceitos físicos e suas relações abordadas na simulação. Cada atividade será realizada ao longo de uma semana. Para a realização de cada atividade será usada 1 hora/aula. É importante lembrar que estas atividades serão realizadas em horário extraclasse, sem prejuízo às aulas de Física do professor condutor, podendo ser a distância ou presencialmente em local a ser definido.

OBJETIVO

O objetivo do conjunto de atividades é apresentar e identificar conceitos físicos e suas relações pela observação e manipulação de simulações computacionais dos fenômenos físicos envolvendo tópicos de ondulatória.

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Ressaltamos, novamente, que estas atividades consistem em estudo complementar a aula de Física e serão realizadas em horário extraclasse, sem causar alteração no cronograma escolar da disciplina de Física. Os estudantes serão convidados a estudar os fenômenos ondulatórios através de simulações computacionais. A participação dos estudantes é opcional, mas é muito importante, pois será uma oportunidade de aprender mais.

No total são doze atividades, com datas já previstas para implementação, no primeiro semestre de 2016, a saber:

- **Atividade 1 - Movimento Harmônico Simples** - Data prevista: 07/03 a 12/03
- **Atividade 2 - Fenomenologia de um pulso de onda** - Data prevista: 14/03 a 19/03
- **Atividade 3 - Grandezas relacionadas a uma onda** - Data prevista: 21/03 a 26/03
- **Atividade 4 - Ondas Transversais e Longitudinais** - Data prevista: 28/03 a 02/04
- **Atividade 5 - Ondas Sonoras** - Data prevista: 04/04 a 09/04
- **Atividade 6 - Timbre** - Data prevista: 11/04 a 16/04
- **Atividade 7 - Som, infrassom e ultrassom** - Data prevista: 18/04 a 23/04
- **Atividade 8 - Interferência de ondas** - Data prevista: 25/04 a 30/04
- **Atividade 9 - Reflexão, refração e difração** - Data prevista: 02/05 a 07/05
- **Atividade 10 - Efeito Doppler** - Data prevista: 09/05 a 14/05
- **Atividade 11 - Ressonância** - Data prevista: 16/05 a 21/05
- **Atividade 12 - Vídeos para identificar ondas** - Data prevista: 23/05 a 28/05

As atividades serão disponibilizadas semanalmente, no site do grupo de pesquisa Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências, da Universidade Federal de

Santa Maria, os estudantes que irão participar das atividades serão cadastrados no site para ter acesso as atividades, que deverão ser feitas online. Para acessar o site é necessário login e senha. O endereço web do site é <http://boltz.ccne.ufsm.br/st12/>. Se necessário, uma vez por semana, será marcado com os alunos um encontro presencial em horário extraclasse a combinar. As Atividades Didáticas foram elaboradas para serem implementadas em cerca de 12 horas/aula, sendo uma hora por semana, ou seja, doze semanas, equivalente em média a dois bimestres letivos. Os estudantes podem optar por trabalharem em pequenos grupos (no máximo três por grupo).

BIBLIOGRAFIA SUGERIDA

Máximo, Antônio ; Alvarenga, Beatriz . **Física**, vol. 2. São Paulo: Scipione: 1997

Gaspar, Alberto. **Física**, vol. 2. São Paulo: Ática, 2000

Bonjorno, Regina A.; Bonjorno, José R.; Bonjorno, Valter; Clinton, Marcico R..
Física fundamental, volume único. São Paulo: FTD, 1993

Chiquetto, Marcos J.. **Física**. volume único - São Paulo: Scipione, 2000

Oliveira, Geraldo Fulgêncio de. **Física: uma proposta de ensino**. Volume Único:
Ed. FTD, 1997

Ramalho; Nicolau; Toledo. **Os Fundamentos da Física** - Vol. 2 : Ed. Moderna,
2010

Sampaio, José Luiz; Calçada, Caio Sérgio. **Física**. Vol.2. São Paulo: Atual, 2001.

ANEXO 2 - ENTREVISTA TRANSCRITA DO ALUNO DOPPLER

1. Qual das atividades você mais gostou?

Eu gostei da atividade 11 que foi das ondas estacionárias porque eu consegui entender o conteúdo que estava sendo passado além do que estava escrito pesquisando ainda mais, assim foi bem mais fácil de entender e comecei a gostar mais do conteúdo.

2. Quais aspectos foram ruins durante a aplicação das atividades?

Eu achei ruim apenas os aplicativos, quando a gente não conseguia baixar o aplicativo para conseguir fazer. Que daí a gente não sabia como que se fazia porque necessitava do aplicativo. Daí isso não nos deixava nós conseguir fazer o exercício. E assim a gente não conseguia fazer, não conseguia conhecer a atividade que estava sendo desenvolvida no projeto e assim a gente não conseguia entender nada, não gostando da atividade.

3. O tempo de uma semana para cada atividade, você achou bom, ruim? Deveria aumentar, diminuir?

Ah, eu gostei do tempo! Uma semana é bom porque se deixar duas a gente pode começar a esquecer das atividades que tem que fazer ou faz tudo no primeiro dia e depois esquece das atividades, daí assim em uma semana tu vai relembrando e não se esquece das outras atividades. É bom, daí tu prossegue os conteúdos um atrás do outro.

4. Você conseguiu aprender alguma coisa com estas atividades sobre ondas?

Sim, mesmo não tendo visto o conteúdo eu consegui aprender como se somava, se diminuía as ondas, a amplitude, o tempo de cada onda, coisa que eu nunca tinha visto, só com o projeto eu consegui ver isto.

5. Você acha que as simulações computacionais facilitaram a tua aprendizagem?

Sim, pois o professor só passando no quadro uma onda, a gente não vai entender o movimento. Com o aplicativo a gente vai entender o movimento, vai formular novas perguntas para pedir para o professor, entendendo melhor os próximos conteúdos que vão ter e assim podendo melhorar o conhecimento e gostar mais do conteúdo.

6. Você acha que nas atividades teve muito cálculo ou pouco cálculo?

Eu gostaria que tivesse mais cálculo, para nós conseguirmos pegar os conceitos que nós tivemos e conseguir aplicá-lo eles.

7. Você tem alguma sugestão para as atividades?

Eu não gostei tanto das atividades com vídeo pois nós não entendia tanto assim quanto as com simulação. As com simulações ficaram muito mais fácil de entender o conteúdo em si.

ANEXO 3 – ENTREVISTA TRANSCRITA DOS ALUNOS FIZEAU E DESCARTES

1. Qual atividade vocês gostaram mais e por que?

F: Ah, eu acho que a atividade que teve ultrassom e infrassom, porque foi uma coisa que eu não sabia e eu achei muito interessante. É interessante saber o que se passa ao nosso redor.

D: Eu também gostei bastante desta, até por causa que as gestantes sempre fazem o exame e daí entender como é que funciona pra eles receberem a imagem que é uma coisa muito louca assim. E eu também gostei bastante da do elétron que era sobre a dualidade, que ele se comporta tanto como onda como quanto como partícula e achei muito interessante porque tu simplesmente enlouquece quando tu vê o vídeo assim e ele vai te contando aquilo e quando tem o observador ele vai se comportar de uma forma, ele vai ficar ali na dele como partícula e depois ele passa a ser onda, assim eu achei muito legal.

2. Quais foram as partes ruins na realização das atividades didáticas e por que?

D: Eu acho que na realização assim é por causa do tempo, né? Que a gente tinha para fazer. E ter durante a semana mais uma coisa de tarde pra fazer, é uma coisa que tipo, nos sobrecarregava. Dependendo até por isso que as vezes a gente não fazia, acabava dando preguiça também, por questão disto. Ou às vezes também é uma coisa legal de fazer por ser diferente.

F: Eu acho que era legal porque era uma forma diferente da gente aprender, mas às vezes tinham atividades grandes e por questão do tempo a gente não terminava toda num dia, era cansativo. Aí a gente vinha para o colégio e aí não conseguia terminar toda aqui e aí a gente tinha que levar para casa, ou esquecia porque tinha outras coisas do colégio para fazer.

3. O tempo de uma semana para cada atividade era bom, pouco ou muito?

F: Eu acho que era bom porque se se organizasse direitinho tu até conseguiria fazer, só que às vezes a gente tinha muita prova e aí acabava atrapalhando um pouco.

D: Dependendo das semanas, se fosse semana de provas era um pouco mais complicado porque a gente pensa só nas provas do colégio. Mas, senão eu acho que sim é um bom tempo. Só quem não conseguia fazer em uma semana eu acho que era irresponsabilidade ou preguiça, alguma coisa assim.

4. Você conseguiu aprender alguma coisa com as atividades didáticas? Se sim o que?

F: Ah, eu acredito que a gente aprendeu bastante porque o conteúdo que a gente teve na verdade nas atividades era um conteúdo que a gente, particularmente, não teve porque não teve tempo no colégio e eu achei que foi bem interessante.

D: É a gente conseguiu aprender bastante sobre ondas que é um conteúdo bem extenso eu acho, porque tem vários tipos diferentes de ondas que a gente não tinha visto no colégio nunca assim. E também sobre frequência, né? Que foi muito interessante o conteúdo de frequência. Bem legal!

5. Vocês acham que nas atividades teve muito cálculo, pouco cálculo?

F: Eu acho que teve o suficiente. Porque quando tem muito cálculo acaba sendo um pouco desmotivador tu fazer aquela atividade e quando tem mais teoria eu, particularmente, me sinto mais atraída aquilo para saber mais. Eu achei super interessante com mais conceitos.

D: Eu acho que teve pouco cálculo, mas não que tenha sido ruim ter pouco cálculo. Porque não tinha muita atividade de cálculo assim, mas não que tenha feito falta o cálculo, sabe? Eu acho que quem fez as atividades direitinho conseguiu entender melhor do que entenderia se fosse com cálculo.

6. Vocês tem alguma sugestão para melhorar as atividades didáticas?

F: Talvez ter menos questões e juntar uma com a outra.

D: Dividir, talvez fazer alguma divisão diferente de alguns conteúdos.

F: Mas a gente gostou muito do projeto, a gente aprendeu bastante.

D: É, a gente não ia ter esse conteúdo assim, eu acho então que valeu bastante o projeto porque mesmo que a gente tenha ficado com alguma coisa assim ao menos agora a gente tem a base para caso a gente queira pesquisar mais ir atrás. Melhor, não ter entendido assim, por alguma atividade, vamos dizer, quando a gente for estudar para o ENEM, a gente vai ter aquela: “Ah, lembrei!” sabe? “Ah, o projeto, tal e tal atividade!”. Vai dar pra ter essa base.

ANEXO 4 – ENTREVISTA TRANSCRITA DOS ALUNOS LAPLACE, MICHELSON-MORLEY E HERTZ

1. Por que vocês decidiram participar deste projeto sobre Oscilações e ondulatória?

L: Decidi entrar no projeto para aprimorar meus conhecimentos porque eu realmente não sabia quase nada. É, foi isso!

M: Decidi entrar no projeto para aprender mais sobre Física e porque eu não sabia nada sobre o conteúdo.

H: Eu decidi participar do projeto porque eu sempre gostei de Física e achei que os conhecimentos adquiridos no decorrer do projeto iam me ajudar nas aulas.

2. Qual atividade vocês gostaram mais e por que?

L: Eu gostei mais da atividade de ressonância porque com a atividade eu consegui entender o que realmente tinha acontecido com a ponte de Tacoma. Eu sempre ouvia falar, mas não sabia qual o fenômeno que tinha causado isso. Sei lá, talvez tivesse sido um milagre e a ponte caiu. Hoje eu sei que a ponte de Tacoma entrou em ressonância com a frequência do vento. Eu perguntei para o meu pai se ele sabia o que tinha acontecido com a ponte e ele também não sabia, então eu expliquei para ele. Foi muito legal entender o que aconteceu e poder discutir com outras pessoas sobre isso.

M: Eu gostei de várias atividades, mas a que eu mais gostei foi a que tratava sobre partícula e onda porque é um assunto que eu gosto muito e é bem louco.

H: A atividade que eu mais gostei foi a atividade do timbre porque ela mostra um pouco de ondas harmônicas e séries de Fourier que eu acho que isso é muito interessante.

3. As simulações computacionais auxiliaram na aprendizagem de vocês?

L: Sim, porque a gente conseguia visualizar o que a gente estava estudando e a gente podia atribuir valores para as grandezas. Aí a gente via o que acontecia realmente.

M: Auxiliaram bastante porque foram simulações muito bem feitas e a gente conseguiu entender muito melhor o conteúdo com as simulações do que se fosse somente com perguntas e desenhos.

H: Auxiliam bastante, embora uma aula prática mesmo seria melhor, na falta de equipamentos, o computador serve bem.

Sabrina: Mas tu acha que uma aula prática seria melhor que uma aula com simulação computacional?

H: Sim, porque a aula prática ela vai tá tipo, tu pode tocar nos negócios, todo mundo pode tocar e pode ver de vários ângulos e com a simulação ela vai tá, parece que tem muito erro na simulação, parece que tem alguma coisa errada.

Sabrina: Tá, e se fosse uma onda sonora, como tu ia fazer uma aula prática para visualizar a onda?

H: Não, depende tu pode fazer por exemplo uma coisa rápida passando fazendo um som e daí tu nota o Efeito Doppler.

4. O prazo de uma semana para cada atividade foi suficiente para vocês?

L: Eu acho que algumas vezes era bem insuficiente porque a gente tinha um monte de trabalho e coisas para entregar além do projeto. Daí era insuficiente, mas eu acho que seria bom também aumentar o tempo do encontro de dúvidas, que daí, geralmente, era só uma hora, eu acho que poderia ser mais para poder tirar as dúvidas na hora.

M: Bem, basicamente, eu achei muito bom o tempo. Porque a gente tinha, tipo, bastante coisa para fazer na aula e aí tipo não sobrava muito tempo. E daí com uma semana era um bom tempo para a gente conseguir fazer pouco a pouco e depois enviar a atividade.

H: Eu não achei, o tempo acabou sendo apertado. Mas eu acho que porque a gente é técnico, né? A gente tem mais matérias e coisa. Então, no fundo, eu acho que num colégio de Ensino Médio normal o tempo seria suficiente.

5. Vocês acham que nas AD teve muito ou pouco cálculo?

L: Eu acho que foi razoável. Porque nos espaços das perguntas tinha alguns exemplos que pedia pra ti explicar e daí para explicar tu tinha que fazer os cálculos e coisa e tinha uns que era só de fazer os cálculos mesmo. Mas eu acho que era razoável.

M: Eu acho que tinha a quantidade apropriada de cálculo. Porque era mais a fórmula e a lei da atividade que a gente tava aprendendo e como usar ela, tipo era só um meio que um exemplo, mais ou menos isso.

H: Eu achei que tinha pouco cálculo, poderia ter mais. Só que eu acho que não dava para substituir os conceitos físicos e a parte de teoria não dá para substituir por cálculo. Então eu

acho que, no final, se tivesse mais cálculo talvez a gente tivesse mais coisa para fazer e aí, conseqüentemente, menos tempo.

6. Vocês aprenderam alguma coisa com o projeto? Se sim, o quê?

L: Sim, eu aprendi bastante coisa e inclusive os conteúdos de refração, difração e outros que a gente, depois de ter visto no projeto, começou a ver na aula mesmo, com o professor estagiário. Também conceito de frequência.

M: Ajudou também, a gente a entender melhor o conteúdo tratado em aula, tipo ondas e etc. E ainda deu uma auxiliada a mais, tipo abordou o conteúdo um pouco mais a fundo do que foi abordado em aula, então, tipo a gente teve uma compreensão melhor do todo sobre ondas e tudo mais.

H: Eu aprendi que o que vale para os fenômenos ondulatórios em um meio vale para todos assim, os fenômenos ondulatórios. O que é muito interessante tipo porque isso ajuda em Física, isso ajuda em eletrotécnica e isso ajuda em qualquer onda que for necessário para a gente trabalhar.

7. Vocês tem algumas sugestões para novas aplicações do projeto?

L: Eu acho que mais questões talvez e o tempo do encontro de dúvidas com o professor presente para tirar mais dúvidas, porque depois ficava, tipo dava desencontros assim, sabe? Tipo, para poder dar tempo de achar o professor e aluno assim para tirar mais dúvidas. E eu acho que inserir mais simulações computacionais e mais vídeos.

M: Eu acho que deveriam usar os simuladores não só no projeto, como também nas aulas de Física e em outras matérias, porque tinha vários simuladores, não só de Física, como de Química, Biologia que poderiam melhorar o entendimento dos alunos com relação ao conteúdo tratado durante as aulas. Eu acho que, tipo foi, o projeto foi muito bom para os alunos já ter uma prévia fora da aula sobre o conhecimento sobre ondas e tudo mais. Eu acho que deveria continuar aplicando em outras turmas, para terem a chance que a gente teve.

H: Eu achei o projeto muito bom, mas acho que poderia ter mais participação dos alunos, não sei como isso poderia acontecer, talvez oferecer mais recompensa.

Sabrina: Mas se eu oferecer mais nota, digamos, eles vão participar só pela nota e não para aprender.

H: Mas no final eles também vão acabar aprendendo.

M: É, eu também acho que vão acabar aprendendo.

H: Eu não sei, mas eu acho que com mais gente ia ser bem mais interessante, embora que com pouca gente tem mais espaço para tirar dúvidas. Mas daí dava para ter mais algumas atividades, talvez sobre as próprias harmônicas e essas coisas. Não só em cima do som, mas em tudo assim, no geral e mais alguns conceitos físicos absurdos, a nível de informação, como a dualidade do elétron e essas coisas assim, meio assim, bem doida.