



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

Lafaiete Silva Francisco

**ONDAS MECÂNICAS TRANSVERSAIS: UMA APLICAÇÃO COM
SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO MÉDIO**

CAMPINA GRANDE-PB

2012

Lafaiete Silva Francisco

**ONDAS TRANSVERSAIS: UMA APLICAÇÃO COM SIMULAÇÕES
COMPUTACIONAIS NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Área de Concentração: Ensino de Física

Orientadora: Morgana Lígia de Farias Freire
(DF-CCT)

CAMPINA GRANDE – PB
2012

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL CAMPUS I – UEPB

F818o

Francisco, Lafaiete Silva

Ondas mecânicas transversais: uma aplicação com simulações computacionais no ensino médio / Lafaiete Silva Francisco. – 2012.

111f.: il. color

Digitado.

Dissertação de mestrado (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2012.

“Orientação: Profª. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire”.

1. Ondas mecânicas. 2. Prática de ensino. 3. Simulação computacional. 4. Ensino médio. I. Título.

21. ed. CDD 530

LAFAIETE SILVA FRANCISCO

**ONDAS TRANSVERSAIS: UMA APLICAÇÃO COM SIMULAÇÕES
COMPUTACIONAIS NO ENSINO MÉDIO**

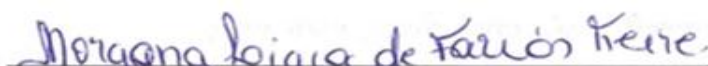
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento aos requisitos necessários a obtenção do grau de Mestre.

Área de Concentração: Ensino de Física

Orientadora: Morgana Lígia de Farias Freire (DF-CCT)

Aprovada em 03 de Agosto de 2012

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire – Orientadora- UEPB



Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano – UEPB (examinador interno)



Prof. Dr. Eduardo Marcos Rodrigues dos Passos– UFCG (examinador externo)

Dedico:

A DEUS em primeiro lugar por acreditar na sua existência e da sabedoria que ele pode nos conceder para conhecermos a nossa função nesse mundo

A minha compreensível esposa, Valdenice, que indiretamente contribuiu para esse trabalho.

A meus pais José Severino Francisco e Maria de Lourdes Silva Francisco, a meus irmãos e Abanaze Silva Francisco, Dário Silva Francisco e Dariany Silva Francisco e todos os demais familiares, professores e alunos que também contribuíram direta e indiretamente para os resultados que obtive em mais um degrau da escada da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Criador do qual emana a energia dinâmica espiritual necessária à existência da matéria e da energia física que nos permite existir e compartilhar nossos bons momentos com nosso próximo.

A minha orientadora Morgana Lígia de Farias Freire.

Aos professores Marcelo Gomes Germano e Eduardo Marcos Rodrigues que deram suas contribuições para produção de ajustes que permitiram um melhor rumo da pesquisa bem como dos resultados.

Aos professores que me deram as primeiras instruções na escola que desenvolvi a pesquisa, aos professores da graduação na UEPB sem exceção, aos colegas de sala que contribuíram para as boas lembranças da vida e todos os professores do mestrado que permitiram alguns conhecimentos que conduziram a pesquisa que se segue.

Aos meus estudantes da Escola Joana Emília, turma do segundo ano, os quais tenho muita afeição e que participaram da pesquisa por contribuírem com os seus pensamentos para a execução de partes importantes dessa pesquisa e a todos os funcionários desta escola destacando que sem um deles é como faltar qualquer engrenagem de uma máquina que precisa executar funções importantes.

A todos meus familiares e amigos e especialmente minha esposa Valdenice Lima que também contribuiu com suas constantes e rotineiras tarefas diárias. Também agradeço a meus pais que permitiram o meu nascimento e a possibilidade de contemplar as criações divinas e poder entender algumas delas e poder descrever a outros a importância de estudar ciências.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	11
PRIMEIRAS PALAVRAS: MOVIMENTO DE UM PONTO, UMA PARTE DA TRAJETÓRIA E SEUS OBSTÁCULOS	12
INTRODUÇÃO	15
O QUE A TECNOLOGIA TEM NOS PROPORCIONADO E COMO APROVEITÁ-LA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS?	15
OBJETIVOS	19
JUSTIFICATIVA	20
CAPÍTULO 1	22
O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS	22
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	22
1.2 O COMPUTADOR COMO FERRAMENTA NO ENSINO	22
1.3 O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA	25
1.4 POR QUE E QUANDO USAR SIMULADORES COMPUTACIONAIS?	27
CAPÍTULO 2	29
A TEORIA DE DAVID AUSUBEL	29
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	29
2.2 A TEORIA DE AUSUBEL	29
CAPÍTULO 3	34
CONSIDERAÇÕES SOBRE ONDAS E A UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR COMPUTACIONAL	34
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	34
3.2 IMPORTÂNCIA DOS CONCEITOS DE ONDAS PARA A FÍSICA	35
3.3 CLASSIFICAÇÕES DAS ONDAS	37
3.4 INTRODUZINDO OS CONCEITOS SOBRE ONDAS COM A UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR COMPUTACIONAL	39
3.4.1 GRAUS DE LIBERDADE	41
3.4.2 PULSOS	42
3.4.3 REFLEXÕES DE PULSOS	43
3.4.5 ONDAS PERIÓDICAS	46
CAPÍTULO 4	49
O PERCURSO METODOLÓGICO	49
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	49
4.2 TIPO DE INVESTIGAÇÃO	50
4.3 SUJEITOS DA PESQUISA	52
4.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	52
4.5 DESCRIÇÃO BÁSICA DO SIMULADOR	53
4.5.1 APRESENTANDO O SIMULADOR: WAVE ON A STRING SIMULATION	53
4.5.2 DESCRIÇÃO DE ALGUNS ELEMENTOS BÁSICOS DO SIMULADOR COMPUTACIONAL DE ONDAS NUMA CORDA	55
4.6A INTERVENÇÃO DIDÁTICA	57
CAPÍTULO 5	63
RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
5.1 DESCRIÇÕES E ANÁLISES DOS ENCONTROS DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA	63
5.2 ANÁLISE DAS QUESTÕES DE AVALIAÇÃO	83
5.3 ANÁLISE GERAL	86
CAPÍTULO 6	89

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
REFERÊNCIAS.....	91
APÊNDICES.....	96

ONDAS MECÂNICAS TRANSVERSAIS: UMA APLICAÇÃO COM SIMULADOR COMPUTACIONAL NO ENSINO MÉDIO

RESUMO

Defendemos que um dos motivos que dificultam a compreensão e levam à aversão que boa parte dos estudantes apresenta na disciplina de Física, está ligada à maneira como ela é abordada em alguns conteúdos. Estudos demonstram que a utilização das tecnologias de informação e comunicação, como ferramenta, traz contribuições significativas para a prática escolar em qualquer nível de ensino. Por isso nossa proposta foi investigar o uso de um simulador computacional no ensino de Física tomando como referência uma intervenção didática numa turma da 2ª série do ensino médio, com intuito de verificar o interesse e a aprendizagem dos estudantes. Para isso tomamos como base a teoria de David P. Ausubel no que se refere às condições para que ocorra a aprendizagem significativa para abordando o tema ondas transversais numa corda com um simulador computacional. A intervenção didática se iniciou ao fazermos uso de uma corda como uma das tentativas de resgatar alguns conceitos prévios dos estudantes. Com o simulador computacional os estudantes puderam perceber que alguns conceitos associados ao estudo das ondas numa corda foram bem mais detalhados com a utilização do simulador computacional. Para os estudantes o simulador computacional se constitui em um recurso didático que tornou a intervenção didática mais atrativa e estimulante para a aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física, Ondas numa corda, Teoria de Ausubel, Simulador computacional.

TRANSVERSAL MECHANICAL WAVES: AN APPLICATION TO THE HIGH SCHOOL COMPUTER SIMULATOR

ABSTRACT

We argue that one of the reasons that hinder understanding and lead to the aversion that many of the students present in the discipline of physics, is linked to the way it is addressed in some content. Studies show that the use of information and communication technologies as a tool, bring significant contributions to the school practice at any level of education. So our proposal was to investigate the use of a simulator in computational physics teaching with reference to a didactic intervention in a class of 2nd year of high school, in order to verify the interest and student learning. For this we take as basis the theory of David P. Ausubel regarding the conditions for learning to occur significantly to addressing the theme transverse waves on a string with a computational simulation. The didactic intervention began to make use of a rope as one of the attempts to rescue some preconceptions of students. With the simulator computer students might notice that some concepts related to the study of a rope waves were much more detailed using computational simulator. For students the computational simulator constitutes a teaching resource that made the intervention more attractive and stimulating teaching to learning.

KEYWORDS: Teaching of physics, Waves on a rope, Theory of Ausubel, Computer simulator.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Transmissão da perturbação do equilíbrio de uma fileira de pedras de dominó.....	36
Figura 2 - Representação de propagação de um pulso numa corda esticada	40
Figura 3 - Ilustrando os conceitos de amplitude e comprimento de onda	41
Figura 4 – Representação de uma onda harmônica unidimensional no próprio simulador de ondas.	42
Figura 5 – Representação de um pulso ou perturbação simples numa corda com uma das extremidades fixa.....	42
Figura 6 – Representação de um pulso propagando-se através de uma corda esticada.	43
Figura 7 – Pulso produzido em uma corda com extremidade livre. (a) Ao atingir a haste e (b) refletido (retornado) – sem inversão de fase.....	44
Figura 8 - Pulso produzido para observação do fenômeno da reflexão com a extremidade da corda fixa.....	45
Figura 9 – O pulso sendo refletido, com inversão de fase.....	45
Figura 10 - Representação da produção das ondas periódicas numa corda com o simulador de ondas.	46
Figura 11 – Representação dos elementos principais de uma onda para melhor entendimento dos conceitos básicos de uma onda harmônica.	47
Figura 12 – Ilustração da página principal do Site do PhET.....	53
Figura 13 - Tela de apresentação inicial do Simulador. Caso da Extremidade fixa e geração de pulsos aleatórios de acordo com o comando do usuário.	55
Figura 14 - Tela de apresentação inicial do Simulador. Caso da Extremidade fixa e geração de pulsos oscilatórios de acordo com o comando do usuário.....	56
Figura 15 – Elementos que aparecem no simulador caso o usuário escolha (a) extremidade solta ou (b) extremidade infinita.....	56
Figura 16 - Apresentado a situação com amortecimento como o uso do simulador durante a intervenção didática.	70
Figura 17 – Apresentando uma situação sem amortecimento da onda com o simulador computacional durante a intervenção didática.	70
Figura 18 – Apresentando a representação de um único pulso e de sua relação com a tração da corda com o simulador computacional durante a intervenção didática.	71
Figura 19 – Apresentando o que seria uma inversão de fase com o simulador computacional durante a intervenção didática.	71
Figura 20 – Apresentado o fato de que se os dois pontos A e B estão descendo ou subindo ao mesmo tempo estão em concordância de fase e, portanto a distância entre eles corresponde a um comprimento de onda com o simulador computacional durante a intervenção didática.....	72
Figura 21 - Apresentado ondas com frequências diferentes e mesma amplitude com o simulador computacional durante a intervenção didática. (a) menor frequência e (b) maior frequência. Interferência destrutiva e interferência construtiva.....	73
Figura 22 –(a) Apresentando pulso se movendo no mesmo sentido e com a mesma, (b) - representando pulsos na mesma fase e (c) – representando o pulso resultante.....	74

PRIMEIRAS PALAVRAS: MOVIMENTO DE UM PONTO, UMA PARTE DA TRAJETÓRIA E SEUS OBSTÁCULOS

Sempre me interessei por fenômenos naturais, desde cedo por volta de oito a dez anos de idade interagia com brinquedos improvisados que mais se pareciam com um cenário de uma grande sucata que era colecionada a partir de alguns objetos que já estavam sendo descartados. Montava alavancas e sistemas que se pareciam com roldanas para suspender os baldes levando tinta para o alto nas construções. Nesse momento estava acontecendo às primeiras montagens para auxiliar o aquecimento de extratos de plantas que eu julgava serem capazes de combater algumas espécies de insetos. Mais tarde quando começaram a aparecer às primeiras sucatas de eletrodomésticos sempre me perguntava como é que tudo aquilo funcionava e às vezes quando a minha mãe saía para a igreja eu utilizava meu irmão mais novo como assistente desmontando e testando algumas sucatas para interligar na rede elétrica e verificar se produzia algum efeito. Lembro-me que certa vez enrolei uma bobina de fios finos sobre uma peça de metal que fica no interior de fitas de áudio e coloquei nos terminais de uma tomada. Dá para imaginar o que aconteceu e o que poderia ter acontecido se os fios fossem mais espessos e se não houvesse um disjuntor de amperagem adequada na residência.

Quando estudava a terceira série do ensino médio, um dos vários professores de Física que tive, entre a 8ª série (ou atual 9º ano) do ensino fundamental e a 3ª série do ensino médio, me pediu que trouxesse um multímetro e alguns componentes eletrônicos para que pudéssemos apresentar a turma, já que alguns de meus colegas mencionaram ao professor que eu gostava de eletrônica. A partir desse dia comecei a me interessar por Física, pois, as mudanças de professores bem como as suas ausências de aulas em muitos dias letivos era bastante frequente e isso dificultava nossa aprendizagem e fazia com que a maioria dos estudantes odiasse a Física. A falta de professores em sua maioria se devia ao fato de que os professores eram de outras cidades e nesse tempo não havia asfalto, nem pontes e isso contribuía depois de tempos chuvosos para a redução no conteúdo ministrado bem como na sua qualidade, já que não tínhamos aulas suficientes,

principalmente das disciplinas de ciências exatas, nem tampouco de livros que nos auxiliassem em nossas atividades e por isso a maioria dos estudantes odiava Física e Matemática. As demais disciplinas de outras ciências eram na base da “decoreba”, a partir dos textos que os professores redigiam no quadro de giz e assim decorávamos um questionário que os professores passavam e, a partir daí fazíamos as avaliações que nos permitiriam ou não passar para a série seguinte. Nesse tempo não havia o sistema de recuperação, apenas uma prova final após os quatro bimestrais do ano letivo.

Pela motivação desse professor de Física¹ e com o auxílio do meu primeiro livro de Física adquirido², decidi estudar engenharia na UFPB atual UFCG em Campina Grande, mas não consegui a aprovação no vestibular da primeira vez. De sorte, paralelamente havia prestado vestibular para a UEPB³ no curso de Licenciatura em Física, curso que eu nem sabia que era relacionado à formação de professores de Física, mas prossegui, já que havia passado a me interessar por cálculos. Também fiquei mais empolgado com toda aquela parafernália nos laboratórios de Física. Em certo momento, enfrentei algumas dificuldades de aprendizagem na disciplina Introdução a Física na forma como foi abordada pela professora e comecei a pensar que eu não deveria continuar, mas com o passar do tempo percebi que boa parte dos estudantes também enfrentava a mesma dificuldade.

Um dia encontrei um rapaz, que é um atual colega⁴ no mestrado em ensino de Física e que já estava perto de terminar o curso de Licenciatura em Física, num certo dia, ele trazia consigo, um transformador do qual ele queria que alimentasse dois circuitos diferentes já que o secundário do transformador possuía dois enrolamentos independentes. Entre nós surgiu uma conversa quando ele se expressou sobre o que estava acontecendo com um dos enrolamentos quando ele utilizava o outro para alimentar um circuito e daí discutimos as prováveis soluções. Esse colega me motivou a continuar os estudos na área a partir das montagens que ele de vez em quando levava para a universidade e isso muito me interessava.

¹ José Stanley Silva Arruda

² Alicerces da Física

³ A aprovação no vestibular foi para o primeiro período no ano de 1992

⁴ Vicente César Andrade

Terminei o curso de Licenciatura em Física por volta do início de 1998, mas até essa data, paralelamente lecionava em algumas escolas e era assim que financiava meus estudos com a ajuda de meus pais. Em 2009 entrei no programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da UEPB e durante o mesmo procurei algumas soluções para facilitar a aprendizagem dos meus estudantes em certos temas da Física. Uma dessas possíveis soluções, a qual me interessou muito, foi o uso de simulações computacionais para facilitar a representação de modelos de alguns dos fenômenos imersos no mundo da Física e que em algumas situações de aprendizagem é difícil de convencer o estudante e também difícil para o professor conduzir o conteúdo de modo mais significativo.

INTRODUÇÃO

O QUE A TECNOLOGIA TEM NOS PROPORCIONADO E COMO APROVEITÁ-LA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS?

A tecnologia tem se desenvolvido muito rápido e influenciado a maneira de pensar e de agir das pessoas, ela influencia a letra das músicas, a maneira como ela é armazenada e reproduzida, introduz novos termos no nosso idioma e novas ferramentas que podem facilitar as nossas atividades diárias.

No âmbito educacional, tem-se procurado abordar o processo de ensino e aprendizagem pela introdução de recursos tecnológicos para que esse processo seja facilitado e de acordo com Pietrocola (2005) a partir de quando estes recursos forem bem explorados levando-se em consideração tanto os aspectos tecnológicos quanto as implicações sociais, pode-se conseguir que tenham a potencialidade de capturar a atenção do estudante e, além disso, principalmente facilitar ou intermediar a aprendizagem. Como isso é possível que consigamos contornar alguns dos problemas que dificultam a aprendizagem de certos conteúdos da Física.

Conforme Bruner (2001), pessoas reflexivas têm sempre se sentidas incomodadas pelo enigma da aplicação do conhecimento teórico a problemas práticos. Aplicar a teoria psicológica à prática educacional não constitui uma exceção à regra, não sendo menos intrigante do que aplicar a ciência à medicina.

Alguns dos problemas de conduzir os conteúdos aliando teoria e prática também são alistados por Dantas (2011), um destes problemas, é o distanciamento entre o ensino teórico e os acontecimentos sociais.

Pensando sobre o ensino de Física no nível básico, é notório dizer que o mesmo encontra-se marcado por um ensino extremamente

teórico e distante dos acontecimentos sociais, e os currículos, durante a abordagem dos conteúdos, não discutem a possibilidade do uso das tecnologias já largamente presentes no mundo dos estudantes (DANTAS, 2011, p.44).

Esse distanciamento é notado pelos estudantes e cobrado do professor na famosa expressão em algum momento da aula, “para que vou utilizar esse conteúdo?” Na realidade as pessoas (estudantes) estão despertando para o que realmente é importante e significativo, isto é, fazer com que utilizemos ciência para resolver os problemas concretos. Germano (2011, apud Lorenzetti, 2001) descrevendo sobre o que seria alfabetização científica prática, nos dá uma pista do que realmente deve nos interessar quanto aos conteúdos a serem ensinados.

A alfabetização científica prática é aquela que contribui para a superação de problemas concretos, tornando o indivíduo apto a resolver, de forma imediata, dificuldades básicas que afetam a sua vida. A alfabetização científica cívica seria a que torna o cidadão mais atento para a Ciência e seus problemas, de modo que ele e seus representantes possam tomar decisões mais bem informadas (GERMANO, 2011, p. 290)

As expressões alistadas por Dantas (2011) e Germano (2011) indicam que devemos estar atentos ao que considerar no ensinar ciências e conforme Pietrocola (2005):

Embora essencial para entender o mundo de hoje e suplantar os desafios ao entendimento presentes em nosso cotidiano, a ciência escolar parece muito distante deste ideal. Para ter certeza disso, basta lembrar de algumas lições presentes no ensino tradicional de Física em nível médio (PIETROCOLA, 2005, p.190).

Com base nesses pressupostos ao tentarmos conduzir o conhecimento a nossos estudantes e levando em conta as teorias da aprendizagem é importante sabermos que:

[...] existe uma boa razão para se acreditar que grande parte do tempo atualmente gasto em árduos exercícios científicos laboratoriais poderia ser mais bem empregue, de forma mais vantajosa, na formulação de definições mais precisas, na diferenciação explícita de conceitos relacionados, na generalização de situações hipotéticas, e aí por adiante (AUSUBEL, 2003, p.198).

É importante, assim, que como professores, possamos nos apropriar de alguns recursos tecnológicos que nos são disponibilizadas. Um dos motivos para o uso desses recursos é não ficarmos ultrapassados sem ao menos poder fazer um mínimo de uso daqueles que são produzidos e estão direcionados para serem aplicados na área de ensino, e muitos estão disponibilizados de forma gratuita na rede mundial de computadores. Um exemplo dos recursos tecnológicos disponibilizados na rede (Internet) são os simuladores computacionais.

As constantes e rápidas mudanças em praticamente todos os setores, em que diversas tecnologias têm sido atualizadas constantemente e as mais recentes vêm rapidamente substituindo as suas precedentes de tal modo, que a maioria de seus consumidores às vezes não dispõe de tempo de qualidade para se adaptar a estas constantes mudanças, determinam a necessidade da escola tomar boa parte da responsabilidade de fornecer meios diversificados para que os jovens possam, futuramente, ser inseridos no mercado de trabalho e meio social, já “que cada vez mais, as competências desejáveis ao pleno desenvolvimento humano aproximam-se das necessárias à inserção no processo produtivo” (PCNEM, 1999). Moran (2007) escrevendo sobre educação e desenvolvimento nos diz:

A educação universal e de qualidade é percebida hoje como condição fundamental para o avanço de qualquer país. É o caminho necessário para evoluir, ser competitivo, superar a brutal desigualdade, oferecer perspectivas melhores de autonomia, empreendedorismo e empregabilidade (MORAN, 2007, p.8).

No que se refere ao ensino público, ainda caminhamos lentamente quanto a se fazer uso de certas tecnologias (e por que não dizer de novas metodologias) para facilitar a interação ensino e aprendizagem. Quando a

escola procura uma postura facilitadora poderá proporcionar os meios básicos para que os estudantes possam superar algumas das dificuldades que a cada dia têm se tornado obstáculos e diminuir a aversão a determinadas disciplinas, como é o caso da Física.

Um dos motivos à aversão a disciplina de Física que os estudantes demonstram é a dificuldade em compreender alguns conteúdos que são abordados, muitas vezes de forma estática com desenhos também estáticos e que dificilmente em alguns casos o estudante tem a capacidade de abstrair mesmo que se apresente para este um modelo ou situação que se assemelhe ao que o professor está tentando descrever. E as dificuldades concentram-se na problemática de “visualizar” (observar e entender!) os fenômenos físicos. Defronte a essas argumentações, propomos a utilização por parte do professor de simulações computacionais que possam cooperar na atenuação dessas dificuldades.

OBJETIVOS

GERAL

Investigar o uso de um simulador computacional no ensino de Física numa intervenção didática, enfatizando o tema ondas transversais em uma corda numa turma do ensino médio, com o intuito de verificar o interesse e a aprendizagem dos estudantes.

ESPECÍFICOS

- Abordar o conteúdo das ondas transversais com um simulador computacional, descrevendo algumas grandezas físicas e os fenômenos envolvidos;
- Elaborar uma proposta de intervenção didática para aplicação em sala de aula correspondente ao conteúdo de ondas transversais e tendo como recurso didático um simulador computacional.
- Verificar o desempenho dos estudantes acerca dos questionamentos propostos durante e após o uso do simulador computacional;
- Elaborar um tutorial para o uso do simulador, como um produto do mestrado profissionalizante, para utilização futura por professores do ensino médio.

JUSTIFICATIVA

Este trabalho tem objetivo de justificar a importância de unir o ensino às tecnologias de informação e comunicação, sobretudo o computador com as simulações, pois boa parte dos estudantes, em particular dos estudantes da localidade onde a intervenção didática foi realizada tem certa familiaridade com esse recurso tecnológico. Essa união busca dar o suporte necessário aos processos que visam melhorias no ensino, tornando a sala de aula um local onde o conhecimento possa ser construído de forma significativa, contextualizada, motivadora e prazerosa. Sendo assim, os estudantes e professores podem se tornar parceiros no processo ensino-aprendizagem, ou seja, que o processo educativo possa ser melhorado em termos de qualidade em conformidade com as premissas atuais.

ESTRUTURA DE ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em seis capítulos, a seguir, apresentaremos um pequeno esboço sobre cada um deles.

No Capítulo 1 situamos o uso das tecnologias da informação no ensino, tendo como foco principal as simulações computacionais e o ensino da Física, assim como suas implicações e contribuições.

Já no Capítulo 2, procuramos o uso das simulações como uma ferramenta muito útil em intermediar o material que o estudante deverá aprender com um pouco da sua rede de conhecimentos prévios, de acordo com a teoria de David Ausubel e que por sua vez está relacionado a alguns aspectos de sua convivência cultural.

Descrevemos no Capítulo 3 alguns conceitos associados ao conteúdo de ondas e sua importância para a Física.

A metodologia do trabalho, Capítulo 4, foi onde enfatizamos todo o percurso metodológico em que foi descrito o processo de intervenção didática, desde a descrição do simulador computacional do PhET até os encontros.

No Capítulo 5, relatamos os resultados obtidos. E, no Capítulo 6, apresentamos as considerações finais.

CAPÍTULO 1

O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os conhecimentos acumulados, com o estudo das ciências, ao longo de várias décadas, têm permitido o surgimento de um arsenal de instrumentos teóricos e experimentais que tem nos auxiliado na aproximação da compreensão do mundo real. Nas últimas décadas, vem se ampliando a necessidade de produzir mudanças no ensino, em função do surgimento de tecnologias, visando minimizar as dificuldades encontradas no processo de ensino e aprendizagem. Muitos artigos direcionados ao uso tecnologias e que destacam o uso de ferramentas computacionais para auxiliar o ensino de Física, têm sido produzidos, entre esses estão os simuladores computacionais (CENNE, 2007; CALEGARI, 2010; LUNELLI, 2010).

Neste capítulo, apresentamos alguns aspectos básicos da introdução do computador no ensino, enfocando o uso das simulações computacionais para o ensino de Física.

1.2 O COMPUTADOR COMO FERRAMENTA NO ENSINO

Vivemos em uma sociedade conduzida pelos desenvolvimentos ou avanços tecnológicos, em que o computador tem sido de grande utilidade. Esses desenvolvimentos têm afetado a educação, deixando os professores por muitas vezes desorientados mediante tais mudanças. Podemos concordar que estas máquinas e seus suportes são importantes instrumentos no auxílio do processo de ensino e aprendizagem, em particular no ensino de Física.

Com os computadores, cada vez mais velozes, com mais capacidade de armazenamento, com maior capacidade de execução de tratamentos de dados,

foram produzidas novas oportunidades de se usar as tecnologias da informação na educação e assim novas formas de aprendizagem.

Em seu livro *a Máquina das Crianças*, Seymour Papert, descreve uma *Máquina do Conhecimento*, que seria capaz de satisfazer a curiosidade de uma criança de quatro anos, de nome Jennifer, a qual soube que ele havia sido criado na África do Sul e, portanto poderia lhe responder como as girafas dormiam. Essa máquina do conhecimento seria uma máquina capaz de reunir todo o conhecimento disponível e seu usuário poderia navegar pelas páginas do conhecimento e possivelmente aprender o que fosse do seu interesse. Papert continua descrevendo os alcances dessa máquina:

Um sistema como esse possibilitaria a uma futura Jennifer explorar um mundo muito mais rico do que aquele dos meus livros de papel... uma verdadeira máquina do conhecimento não é mais a falta de tecnologia de memória ou de acesso a informação, mas o tamanho do esforço necessário para reunir o conhecimento. No entanto, o grande mercado potencial para uma máquina desse tipo torna inevitável seu aparecimento (PAPERT, 2008, p.23).

Quando Papert relata sobre o “tamanho do esforço” nos remete que o uso de uma nova metodologia agregada a uma nova tecnologia a ser inserida num ambiente de aprendizagem e o respectivo sucesso que esta poderia trazer, depende muito da maneira como essa metodologia será desenvolvida, implicando, conseqüentemente, num sério esforço por parte do professor para desenvolver e aplicar a metodologia com o objetivo de conseguir melhores resultados na aprendizagem. Isso também é enfatizado por Moran:

As tecnologias possibilitam também que as crianças e jovens doentes continuem estudando no hospital ou em casa e se comuniquem em redes com seus pares. Permitem, ainda que comunidades carentes sejam incluídas na rede e possam estudar, comunicar-se, aprender. Há centenas de telecentros no Brasil com essa missão. A organização da tecnologia em favor de maior igualdade, inclusão e acesso não está absolutamente garantida, mas dependerá, em grande medida, da mobilização de alunos, educadores e comunidades, exigindo que a tecnologia seja usada de maneira que atenda aos interesses da educação (MORAN, 2007, p. 115).

Um dos recursos tecnológicos que tem sido muito difundido é o computador aliado a uma diversidade de mídias das quais, boa parte dos estudantes já possui certo conhecimento (PRETTO,1996). Deste modo, caso o professor realize um experimento básico de ciências com o auxílio de um computador, mesmo que de forma virtual, podemos esperar que a maioria dos estudantes que estiverem atentos às etapas desse experimento virtual tenham boas chances de repetir o experimento, bem como de aperfeiçoar certas habilidades mentais, como por exemplo, compreender que existe certa ordem de execução a se seguir para se realizar o experimento com sucesso (FAGUNDES, 1997). Levando em consideração a presença do computador no ambiente escolar, podemos argumentar (ou investigar)se esse constitui um elemento em que podemos utilizar para contrapor o insucesso escolar no ensino, em particular de Física.

Partimos da hipótese que o uso crescente do computador no ensino de Física deve-se ao fato da própria modernização da sociedade com relação às novas tecnologias e da própria necessidade de mudanças nos métodos de ensino visando retirar o status de a Física ser uma das disciplinas responsáveis pelo insucesso ou frustração escolar. Assim, os computadores podem oferecer um grande número de possibilidades para resolvermos problemas, tornando alguns fenômenos físicos (conteúdos da física) menos abstratos.

Os computadores, no mundo contemporâneo nos retratam a necessidade de adaptação e divulgação de novas metodologias para a melhoria da qualidade de ensino ofertado nas escolas. Assim partilhamos da hipótese que o surgimento das novas tecnologias, baseado no uso do computador⁵, com o uso de simulações de fenômenos físicos, associadas a aparatos pedagógicos fundamentados em paradigmas educacionais, tornam-se importantes contribuintes ao processo ensino e aprendizagem da Física.

⁵Devemos enfatizar que são vários estilos de uso do computador. Entre esses citamos: multimídias, modelizações, aquisição de dados, jogos, internet e simulações. São diversos modos que dispomos para criar estratégias de ensino. No entanto, nosso objeto de trabalho são as simulações computacionais aplicadas ao ensino de física.

Contudo, ainda, existe um distanciamento entre a pesquisa e a prática de ensino nas salas de aula. Por isso, é importante que se reflita sobre o papel das tecnologias computacionais e as suas implicações na educação científica e tecnológica. Mas, é bom ressaltarmos que a presença do computador em sala de aula, por si só, não garante melhoria do ensino, pois o uso do mesmo como recurso didático depende de diversos fatores, entre os quais, a qualidade da simulação a ser utilizada e por que esta deverá ser utilizada já que devemos ter em mente que: “o uso de simulações computacionais não deverá substituir um laboratório de Física”, pois, uma animação não é uma cópia da realidade.

1.3 O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA

O computador oferece atualmente várias possibilidades para ajudar a resolver os problemas de compreensão no ensino de ciências em geral e da Física em particular. Neste tópico abordamos as simulações computacionais como recurso didático, que pode apoiar o ensino, pois permite a realização de inúmeras experiências servindo como facilitador da aprendizagem, não oferecendo, entretanto, garantia de um sucesso absoluto.

As simulações computacionais no ensino de Física têm sido bastante difundidas como recurso didático e têm contribuindo para quebra do tradicionalismo muito comum nas aulas de Física, em que se destaca a visão behaviorista:

[...] o professor é visto como manipulador de ambiente de aprendizagem. As aulas são planejadas passo a passo, tal que haja estímulo- resposta e reforço para atingir um objetivo. A modificação do comportamento do aluno é através do condicionamento. O ambiente de aprendizagem é estruturado rigidamente a fim de que o aluno possa ser moldado para adquirir mudanças desejáveis (aprendizagem). O aluno é um receptor de conhecimento e o professor o transmissor (MAGALHÃES et. al., 2002, p.97-98).

A exploração de um simulador computacional com finalidade educacional deve ser realizada considerando o emprego de um novo software contexto pedagógico. Para Valente (1997):

[...] só pode ser tido como bom ou ruim dependendo do contexto e do modo como ele será utilizado. Portanto, para ser capaz de qualificar um software é necessário ter muito clara a abordagem educacional a partir da qual ele será utilizado e qual o papel do computador nesse contexto. E isso implica ser capaz de refletir sobre a aprendizagem a partir de dois pólos: a promoção do ensino ou a construção do conhecimento pelo aluno (VALENTE, 1997, p. 19).

No caso do uso de novas tecnologias no processo de ensino e aprendizagem, temos, conforme Calegari (2010) que usualmente, os alunos que utilizam das novas tecnologias constroem modelos conceituais coerentes, não somente resolvendo problemas quantitativos que fazem uso da memorização e operações algébricas e de equações.

Em algumas situações, mesmo que o professor tenha uma grande capacidade de explanação e justificação de um determinado conteúdo, haverá sempre dificuldades na abstração de um determinado fenômeno físico se o professor usa apenas os recursos corriqueiros, giz e quadro negro, que são estáticos ao contrário dos fenômenos físicos que são altamente dinâmicos⁶. Na Física, o professor se depara com conceitos ou conteúdos que requerem certa abstração.

É verdade que uma boa simulação pode comunicar melhor do que imagens estáticas, ou mesmo do que uma sequência delas, ideias sobre movimentos e processos em geral. Nisso se fundamenta, basicamente, a decantada superioridade das representações computacionais àquelas contidas nos livros didáticos (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002, p.81).

Por isso, é importante para complementar a abordagem de certos conteúdos da Física, promover a difusão das novas tecnologias,

⁶ Por exemplo, o carregamento por indução eletrostática de um corpo ou a queda de um objeto.

particularmente, o uso de simulações computacionais para fins didáticos no ensino de Física.

1.4 POR QUE E QUANDO USAR SIMULADORES COMPUTACIONAIS?

Há muitas situações em que a montagem de um experimento com fins didáticos pode se tornar uma tarefa dispendiosa em termos de recursos e às vezes perigosa, por exemplo, situações em que se trabalharia com substâncias consideradas perigosas ou em condições em a tensão elétrica, a pressão ou o calor poderiam por em risco a integridade física de alguém. Nessas e noutras condições descritas, o uso de simulações se torna bastante viável e relevante⁷. Além disso:

As animações e simulações são consideradas, por muitos, a solução dos vários problemas que os professores de Física enfrentam ao tentar explicar para seus alunos fenômenos demasiado abstratos para serem “visualizados” através de uma descrição em palavras, e demasiado complicados para serem representados através de uma única figura [...] Elas possibilitam observar em alguns minutos a evolução temporal de um fenômeno que levaria horas, dias ou anos em tempo real, além de permitir ao estudante repetir a observação sempre que o desejar (HECKLER et al., 2007, p.268).

O uso de simuladores computacionais no ensino de Física não implica no abandono a aulas expositivas, nem de descartar as experiências em salas de aula ou laboratórios, pois precisamos desenvolver certas habilidades e acima de tudo lembrar que: “*O mundo físico e o virtual não se opõem, mas se complementam, integram, combinam numa interação cada vez maior, contínua, inseparável*” (MORAN, 2007, p.9).

⁷ Por exemplo, através do simulador, em algumas situações, o usuário pode ter acesso a uma série de parâmetros que podem ser tratados com as equações representativas de fenômenos físicos e, além disso, os expectadores podem visualizar cenas que apenas o professor gesticulando não seria suficiente para que o estudante pudesse abstrair o conceito ou fenômeno.

O simulador de ondas transversais, ou seja, ondas numa corda⁸ que utilizamos neste trabalho permite que muitas definições (conceitos) possam ser abordadas com esse simulador, são elas: *pulso, velocidade de propagação de um pulso numa corda esticada, interferência construtiva e interferência destrutiva, amplitude, comprimento de onda, inversão de fase, período, influência do atrito, dissipação de energia, amortecimento*, entre outros. Definições às vezes não são simples nem para ensinar e nem para aprender, pois muitas delas requerem certo grau de abstração, e para um estudante, por exemplo, do ensino médio, não é trivial.

⁸ Simulador disponível gratuitamente em: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-on-a-string>

CAPÍTULO 2

A TEORIA DE DAVID AUSUBEL

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Consideramos a teoria de Ausubel, pois tínhamos em mente que os objetivos da aprendizagem que desejávamos alcançar foram: que os estudantes compreendessem os conceitos básicos envolvidos no estudo das ondas, que raciocinassem e que fossem capazes de aplicá-los em situações diferentes que fossem surgindo. Todos esses desejos foram quase concretizados, no nosso caso, tendo como recurso didático principal o simulador computacional de ondas transversais.

Aprender a aprender é o que está implícito na teoria de Ausubel, isso percebemos quando o modelo de sua teoria apoia-se na necessidade de se relevar os conhecimentos prévios que o aprendiz possui. De acordo com esse modelo, para que haja uma aprendizagem não arbitrária e significativa, em contraposição à aprendizagem mecânica, são necessários que o professor use diferentes recursos ou estratégias para potencializar a atividade relacional do aprendiz.

2.2 A TEORIA DE AUSUBEL

De acordo com a teoria de David Ausubel quando pretendemos ensinar, devemos tomar como ponto de partida, os conceitos que os estudantes já carregam, esses são chamados de conceitos prévios os quais são fruto do seu meio de convivência, ou sua realidade cotidiana, e são fatores que determinam as concepções iniciais do estudante a partir dos seus sentidos. Isso será observado na descrição⁹ dos conceitos que os estudantes apresentaram acerca do que eles poderiam descrever sobre o tema ondas¹⁰. Ausubel aponta

⁹Ver a descrição dos estudantes a partir da página 58, capítulo 5.

¹⁰ Antes da intervenção didática propriamente dita os estudantes da turma do 2º ano deveriam descrever sobre o tema ondas de acordo com a proposta: **Descreva sobre o tema ondas destacando situações onde acontece o fenômeno e ou sua aplicação.**

três condições básicas necessárias para que possa haver um processo de aprendizagem significativo:

A primeira, a *significatividade lógica* do novo material que é preciso aprender, remete à estrutura interna desse material, que não deve ser nem arbitrária nem confusa para facilitar o estabelecimento de relações substanciais com os conhecimentos prévios do aluno.

A segunda condição é a *significatividade psicológica*: para que a aprendizagem seja possível, o aluno deve dispor de uma estrutura cognitiva de conhecimentos prévios pertinentes e ativados que possa relacionar com o material que deve aprender.

Finalmente, e como uma terceira condição, o aluno deve ter uma determinada atitude ou *disposição favorável* para aprender de maneira significativa, isto é, para relacionar o que aprende com o que já sabe (COLL e COLS, 2000, p.235).

Em se referindo a novas tecnologias e lembrando que estas fazem parte do meio cultural, devemos considerar que:

Nos lares, empresas e escolas as novas tecnologias já fazem parte do dia-a-dia e não só nas secretarias das escolas, mas também em laboratórios disponibilizados para os alunos, o uso do computador pode criar um ambiente favorável à aprendizagem significativa do aluno utilizando este recurso “dentro da sala de aula”. O computador pode tornar a aula atrativa, prendendo a atenção do aluno e fazendo com que nele desperte um maior interesse pela disciplina e sua aplicação em seu cotidiano (CALEGARI, 2010, p.10).

De acordo com Ausubel (2000), a aprendizagem deve ser entendida como um processo de modificação do conhecimento, em vez de comportamento em um sentido externo e observável, e reconhecer a importância que os processos mentais têm nesse desenvolvimento. As ideias de Ausubel também se caracterizam por basearem-se em uma reflexão específica sobre a aprendizagem escolar “conceitos ou princípios explicativos extraídos de outras situações ou contextos de aprendizagem”. Deste modo, segundo Ausubel, cada indivíduo traz consigo uma rede de “conceitos organizados de modo hierárquico de acordo com o grau de abstração e de generalização”, assim os “corpos de conhecimentos conceituais, selecionados

socialmente como relevantes” são organizados a partir das matérias escolares, matérias essas, com base nesses pressupostos de Ausubel, que como professores devemos procurar selecionar e direcionar para o que possamos pressupor que os estudantes já possuem previamente sobre o novo conhecimento a ser considerado nas aulas (MOREIRA e MASINI, 1982; AUSUBEL, 2000).

De acordo com Papert (1993) “O conhecimento é metabolizado, assimilado juntamente com todas as outras experiências diretas do mundo”. Conforme descreve Ausubel:

Pode-se conseguir a aprendizagem significativa tanto por meio da descoberta como por meio da recepção, já que essa dimensão não constitui uma distinção tão crucial com dimensão de aprendizagem significativa/ aprendizagem repetitiva, do ponto de vista da explicação da aprendizagem escolar e do delineamento do ensino. Ausubel (apud COLL e COLS, 2000).

Muitos destes corpos conceituais descritos por Ausubel e que devem ser ponto de partida para intermediar os conceitos científicos a serem transmitidos (transferidos) aos estudantes são dependentes da cultura e hábitos e é desses que devemos de acordo com Candotti (1999) dar maior atenção:

Creio que devemos dar a maior atenção a cultura, as condições, aos hábitos, aos jogos, as histórias e as tradições locais quando ensinamos as ciências. Cabe a nós, educadores, e não aos alunos, a responsabilidade e o trabalho de adaptar o que queremos ensinar às condições locais em que vivem e se movem os nossos alunos. Adequá-lo ao seu modo de imaginar e representar e também aos exemplos e histórias que encontramos no cotidiano do lugar onde vivemos. E isso, mesmo naqueles casos em que é nossa intenção propiciar a mudança dessas formas de representação e explicação (CANDOTTI, 1999, p.23).

A “cultura” e as “tradições locais” descritas por Candotti (1999) a serem consideradas como ponto de partida para o ensino de ciências são os meios de intermediar o novo conhecimento que se pretende ensinar e que para Ausubel traduz-se em conhecimentos prévios dos quais devemos partir para ensinar os novos conteúdos e deste modo não se afastar da realidade dos estudantes

para que o novo se torne atrativo e interligado ao que o estudante já conhece embora nesse momento deva ser modificado, para que seja considerado como aprendizagem significativa. Mais ainda, tendo-se em vista os “organizadores prévios” e as “hierarquias conceituais” para a “aprendizagem significativa” e as condições tais como: material potencialmente significativo, organizado de maneira a ser lógico e psicológico, se o estudante não tiver uma “disposição favorável”, mas apenas uma predisposição a memorizá-lo, os resultados esperados de acordo com Coll (1986), não terão significação e terão pouco valor educativo.

Em concordância com a teoria de Ausubel, há que sempre levarmos em conta os conceitos prévios já arraigados nos nossos estudantes e assim despertar esses conceitos através de situações que façam sentido, ou seja, que determine posteriormente a aula sobre um tema escolhido, a formação de novos significados, agora estes significados já diferenciados e assimilados para poderem corresponder aos conteúdos que determinarão o conceito científico até então considerado.

Ao falar em ondas, os estudantes já têm suas próprias convicções¹¹ é a partir destas concepções que poderemos discorrer o conteúdo da aula fazendo as devidas conexões com o conteúdo que se pretende ensinar. Assim devemos levar em conta as situações que circundam o meio onde o estudante está inserido, sua cultura, suas aspirações e seu cotidiano. Por exemplo, pular corda, verificar as ondas se propagando na superfície da água ou ouvir música, podem ser uma “ponte” excelente a ser destacada e ilustrada antes de entrar em alguns dos conceitos que poderão ser abrangidos com o simulador computacional ou simplesmente, simulador de ondas transversais a ser utilizado neste trabalho.

Nesse contexto, fotos, vídeos e animações poderiam ser trazidos ao início da aula para posteriormente tratar os conceitos científicos sobre ondas

¹¹ Somente para se ter uma ideia, antes de entrarmos com a apresentação do simulador computacional, no segundo encontro, no laboratório de informática, com o computador conectado o internet, usando o site de busca do Google e digitando a palavra onda no Google imagens foi relatado aos estudantes que a descrição que alguns fizeram no primeiro encontro ao se mencionar a palavra onda, fazia parte da realidade da maioria, já que o que tinha sido escrito por eles destacava esse aspecto.

transversais com o uso do simulador. Nesse momento, os conhecimentos prévios latentes são, então, reativados através de imagens estáticas, animações, ou vídeos que tratam do tema e tornam-se uma excelente “comunicação” (ligação) para a condução do conteúdo. O simulador computacional de ondas proposto nesse trabalho como um recurso didático teve o intuito de se constituir em um material potencialmente significativo, pois pudemos explorar os conceitos físicos abrangidos no tema ondas numa corda de forma visual e interativa e que embora de forma simplificada, descreveu algumas particularidades de uma onda sinusoidal.

CAPÍTULO 3

CONSIDERAÇÕES SOBRE ONDAS E A UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR COMPUTACIONAL

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Quando numa aula de Física nos referimos, apenas, verbalmente às ondas se propagando em meios materiais ou no vácuo em uma, duas ou três dimensões há uma grande chance de a maioria dos estudantes¹² não possuir a capacidade de abstrair alguns dos conceitos envolvidos como: os de refração, interferência, difração, reflexão (pelo simples fato de apresentar, geralmente esses conceitos através de imagens estáticas, seja no livro ou quadro de giz) só para citar alguns dos conceitos pertinentes ao conteúdo de ondas. Embora possam absorver mais facilmente outros conceitos tais como os de amplitude, comprimento de onda e período, por lhes apresentarmos um gráfico no quadro de giz ou no livro texto, outros conceitos não ficam bem claros, o que justificaria o uso de animações e ou simulações computacionais.

Embora haja sempre alguns conteúdos aparentemente simples e que passam a formar significados para uma boa parte dos estudantes, o que pretendemos com o uso de simuladores computacionais é tentar aproximar a rede de conhecimentos prévios dos estudantes, os quais, em sua maioria foram formados através dos sentidos, e conseqüentemente, fazem parte de seus sentidos comuns. Ao se conseguir essa aproximação, entre os conhecimentos prévios e o conhecimento científico programático e corrente, poderemos despertar o seu senso crítico acerca dos fenômenos ondulatórios a nossa volta, mesmo os imperceptíveis ao sentido da visão e conseqüentemente, favorecer o surgimento da aprendizagem significativa.

Neste capítulo fizemos uma exposição de alguns conceitos associados ao conteúdo de ondas e sua importância para a Física. Durante a exposição

¹² Os estudantes a que estamos nos referindo são do ensino médio.

dos conceitos sobre ondas, fizemos uso de ilustrações ou imagens que foram retiradas do próprio simulador computacional de ondas numa corda.

3.2 IMPORTÂNCIA DOS CONCEITOS DE ONDAS PARA A FÍSICA

Para exemplificar o conceito de ondas, temos um fenômeno muito familiar. A superfície de um líquido, como a água, em equilíbrio é plana e horizontal. Então, ao lançarmos um objeto sobre esta superfície, que poderá estar num tanque tem-se a produção de uma perturbação de seu estado físico, ou seja, de ondulações que se afastam do ponto onde o objeto caiu.

Outro exemplo simples, que dá ideia inicial a respeito da produção de uma perturbação que se propaga ao longo de um meio, que chamamos de propagação ondulatória ou, simplesmente, onda, são pedras de dominó numa fila. Coloquemos algumas pedras de dominó em pé, numa fila como na (Figura 1), e derrubemos a primeira pedra da fila, veremos que após perturbarmos o equilíbrio da primeira pedra, todas as outras vão sendo perturbadas sucessivamente, e, dessa forma, a perturbação é transmitida de um determinado ponto para outros mais distantes. Desta maneira, temos a evidencia de uma importante característica das ondas, que é sua propagação sem o transporte de matéria. Ou melhor, transportam energia, sem o transporte de matéria. Caso semelhante pode-se observar na propagação de uma onda ou um pulso através de uma corda esticada. Se movimentarmos para cima e para baixo rapidamente a extremidade da corda forneceremos energia a essa.



Figura 1 – Transmissão da perturbação do equilíbrio de uma fileira de pedras de dominó.

O estudo das ondas¹³ é muito importante para a Física, pois está presente em outros ramos da Física, tais como o eletromagnetismo, a ótica e a mecânica quântica. Teremos nesse subitem algumas considerações acerca das propagações em meios mecânicos especialmente os meios deformáveis, como uma corda ou a superfície de líquidos. Nestes meios há propriedades elásticas bem visíveis, isto é, quando uma fonte é posta em oscilação num dado ponto de referência desse meio, as perturbações ou distúrbios são transmitidos para uma região seguinte (ou adjacente) em relação à região onde o distúrbio foi dado início e assim se propagam por todo o meio. Produz-se, então, um *movimento ondulatório*, o qual não implica na propagação do meio como um todo, mas apenas as partes deste oscilam em torno de uma posição de equilíbrio transmitindo energia através do meio. Estamos nesse contexto descrevendo as *ondas mecânicas*, mas de forma análoga acontece nas *ondas eletromagnéticas*, com a diferença de que nestas últimas, as ondas se propagam na ausência de um meio material (ou seja, podem se propagar no vácuo) pelas oscilações, em fase, dos campos elétricos e magnéticos (são descritas pelas leis básicas do eletromagnetismo, ou seja, pelas equações de Maxwell).

Quando as ondas na superfície da água atingem um objeto flutuante, este passa a oscilar em função da energia transmitida pelas ondas da água e, no entanto, não necessariamente esteja ocorrendo à transferência de matéria (água no nosso caso) para a oscilação do objeto flutuante. É isso que caracteriza de modo geral as ondas, transporte de energia e não, necessariamente, de matéria, sejam as ondas mecânicas ou as eletromagnéticas.

¹³ Não nos remeteremos às ondas de matéria. Pois, estamos abordando as situações referentes à Física Clássica (ou Física Newtoniana).

3.3 CLASSIFICAÇÕES DAS ONDAS

As ondas podem ser classificadas de três modos, dados a seguir.

QUANTO À NATUREZA

As ondas possuem duas naturezas, descritas a seguir.

Ondas mecânicas: são aquelas que *precisam de um meio material* para se propagar (são ondas que não se propagam no vácuo). Como exemplos, citamos: as ondas em uma corda e as ondas sonoras.

Ondas eletromagnéticas: são geradas por cargas elétricas oscilantes e *não necessitam de um meio material* para se propagar, podendo se propagar no vácuo. Como exemplo, citamos: ondas de rádio, de televisão, de luz, raios X, raios laser, micro-ondas, ondas de radar etc.

QUANTO À DIREÇÃO DE PROPAGAÇÃO

Podemos diferenciar as ondas em função do modo como elas se propagam em relação à direção de vibração da fonte. Por exemplo, com o movimento vertical de sobe e desce de uma das mãos sobre a extremidade de uma corda, temos que as partículas constituintes da corda vibram perpendicularmente a direção de propagação dos pulsos ao longo da corda e assim temos uma **onda transversal**. As ondas luminosas e as ondas eletromagnéticas em geral, também são ondas transversais visto que se propagam perpendicularmente a direção dos campos elétrico e magnético da fonte eletromagnética.

Quando suspendemos verticalmente uma mola helicoidal e a colocamos em oscilação, as perturbações se propagam longitudinalmente ao longo da mola e coincidentemente na direção de vibração e neste caso estamos diante de uma **onda longitudinal**. As ondas na superfície da água não se enquadram em nenhum dos dois casos citados, pois enquanto as ondas se propagam as

partículas descrevem trajetórias elípticas. Estas ondas são também chamadas de ondas mistas, pois é uma composição das situações anteriores.

QUANTO AO NÚMERO DE DIREÇÕES DE PROPAGAÇÃO

De acordo com o número de dimensões (ou graus de liberdade) que as ondas se propagam elas podem ser classificadas com **uni**, **bi** e **tridimensionais**. As ondas que se propagam *numa corda* ou *numa mola helicoidal* são unidimensionais, as que se propagam na superfície da água, bidimensionais, e as sonoras e eletromagnéticas são consideradas como tridimensionais. Num dado meio pode-se produzir uma onda única também chamada de pulso.

No caso de ondas em uma corda (ondas transversais em uma dimensão)¹⁴, temos a sua classificação quanto a natureza, direção de propagação e aos graus de liberdade, é respectivamente, mecânica, transversal e unidimensional. Trata-se do caso mais simples, ou seja, o caso mais didático para explorar o conteúdo de ondas. Nos tópicos a seguir apresentaremos as características da onda numa corda usando algumas ilustrações retiradas do simulador computacional que utilizaremos neste trabalho.

¹⁴ Nosso caso de estudo.

3.4 INTRODUZINDO OS CONCEITOS SOBRE ONDAS COM A UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR COMPUTACIONAL

Para a utilização do simulador, temos que admitir que a corda é homogênea, ou seja, de seção transversal constante, de massa m e comprimento L . Neste caso, a densidade linear da corda é:

$$\mu = \frac{m}{L}. \quad (1)$$

A densidade linear (μ) é a relação ente a massa m e o comprimento da corda L .

Quando um pulso é produzido, cuja representação é da Figura 2, retirada do próprio simulador, se a corda é homogênea e flexível sem a existência de amortecimento, o pulso praticamente mantém a mesma forma, à medida que se propaga. Assim a velocidade (v) do pulso depende da intensidade da força de tração (T) e da densidade linear da corda (μ), sendo dada por¹⁵:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}. \quad \text{Fórmula de Taylor} \quad (2)$$

Em outras palavras, a velocidade de uma onda em determinado meio depende da elasticidade do meio e da sua inércia. Para o caso da corda esticada a elasticidade é medida através da tensão da corda: quanto maior essa tensão, maior será a força restauradora elástica, sobre um elemento da corda que a esteja puxado lateralmente. A inércia é medida pela densidade linear.

¹⁵ Esta expressão pode ser obtida, tomando como base as leis de Newton (leis da mecânica). Daí a denominação de ondas mecânicas.

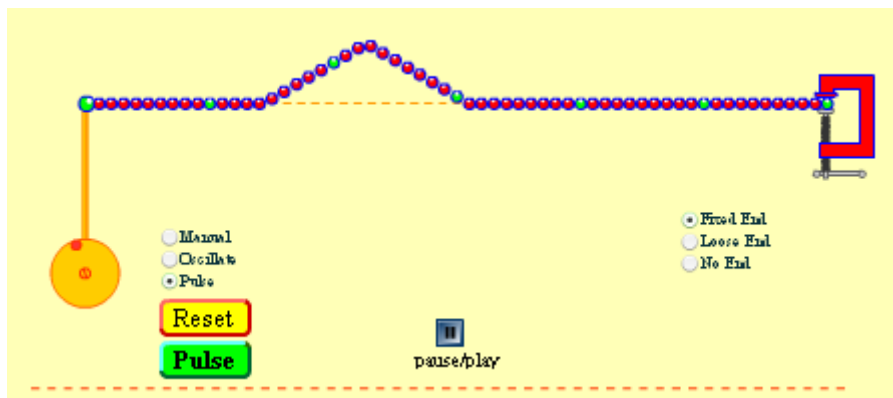


Figura 2 - Representação de propagação de um pulso numa corda esticada¹⁶.

Por exemplo, na Figura 2, numa corda esticada, com uma extremidade fixa, as partículas nessa corda ficarão em repouso até serem atingidas por esse pulso, em seguida após a passagem do pulso, as partículas retornam ao seu estado de repouso. Se produzirmos um trem destes pulsos através dessa corda (dependendo da escolha do usuário no simulador de ondas, pela forma oscilante), as partículas começarão a descrever um movimento periódico e o fenômeno em questão será denominado de *onda harmônica simples*.

As ondas são perturbações que ocorrem num meio pela oscilação de uma fonte, trataremos a partir daqui sobre as perturbações num meio material qualquer e ilustraremos com as vibrações que ocorrem numa corda quando fornecemos a esta energia mecânica.

Consideraremos inicialmente uma **propagação transversal**, ou seja, aquela que acontece perpendicularmente a direção de oscilação da fonte.

Com base no simulador de ondas numa corda (em inglês, *Wave on a String Simulation*) podemos inicialmente simular uma propagação transversal destacando alguns elementos particulares de uma onda tais como a **amplitude** e o **comprimento de onda**. Na Figura 3 ilustramos o conceito de amplitude e comprimento de onda, para uma onda harmônica. As régua na vertical e na

¹⁶ Retirado do site: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-on-a-string>. Esse simulador de ondas é disponibilizado gratuitamente.

horizontal, respectivamente nos informam sobre a amplitude e o comprimento de onda que se propaga (neste caso, tem-se a extremidade como sendo infinita).

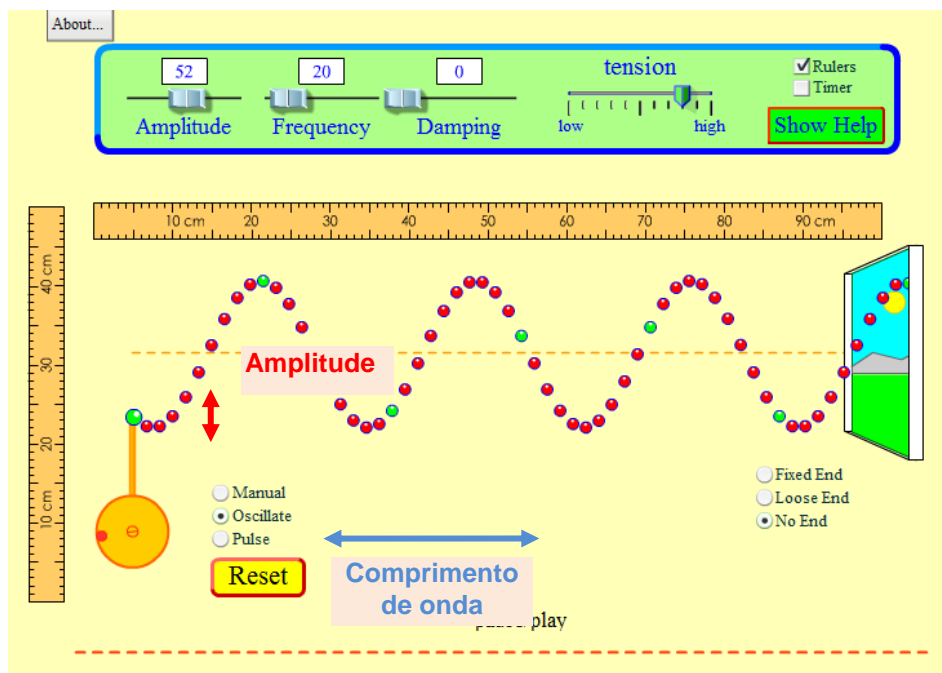


Figura 3 - Ilustrando os conceitos de amplitude e comprimento de onda.

3.4.1 GRAUS DE LIBERDADE

Conceituando-se **graus de liberdade** de uma onda, temos as **propagações unidimensionais**, onde o deslocamento da onda se dá sobre uma linha (as ondas em uma corda, por exemplo). A Figura 4 ilustra bem a propagação unidimensional enquanto que as bidimensionais e tridimensionais não podemos tratar com o simulador de ondas numa corda, embora tenhamos simuladores capazes de mostrar esses tipos de propagações mencionadas.

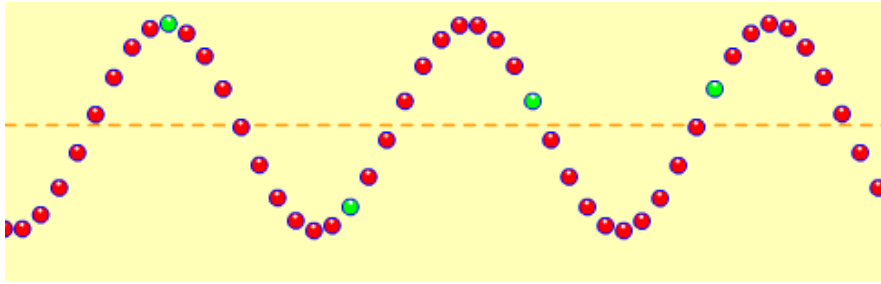


Figura 4 – Representação de uma onda harmônica unidimensional no próprio simulador de ondas.

3.4.2 PULSOS

Chama-se **pulso** (Figura 5) a onda que corresponde a uma perturbação simples (CARRON e GUIMARÃES, 1997).

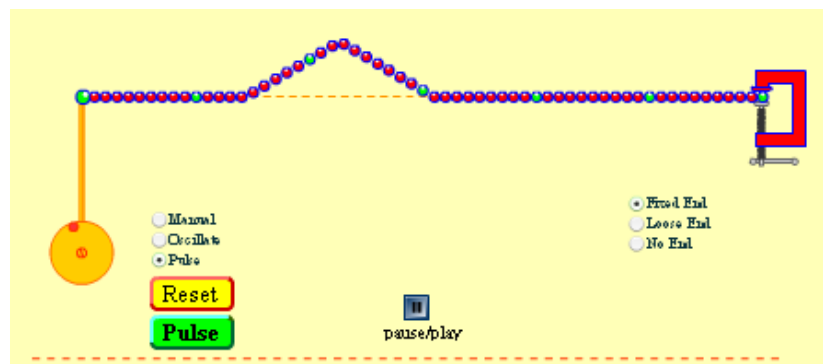


Figura 5– Representação de um pulso ou perturbação simples numa corda com uma das extremidades fixa.

Através de uma corda esticada, podemos observar a formação e a propagação de uma única perturbação, ou seja, de uma onda simples (ou pulso). Podemos, então, dizer que cada ponto da corda, realiza um movimento harmônico simples. E a partir de uma sucessão de pulsos para cima e para baixo em uma das extremidades, como uma espécie de oscilador pode-se chegar a uma onda harmônica.

3.4.3 REFLEXÕES DE PULSOS

Podemos simular pulsos numa corda com o simulador de ondas. Trataremos aqui de duas situações: *O extremo da corda está livre e o extremo da corda está fixo.*

EXTREMO DA CORDA LIVRE

Na Figura 6 temos a representação de um pulso se propagando através de uma corda esticada e o resultado do seu comportamento para a extremidade da corda livre antes de chegar à extremidade livre.

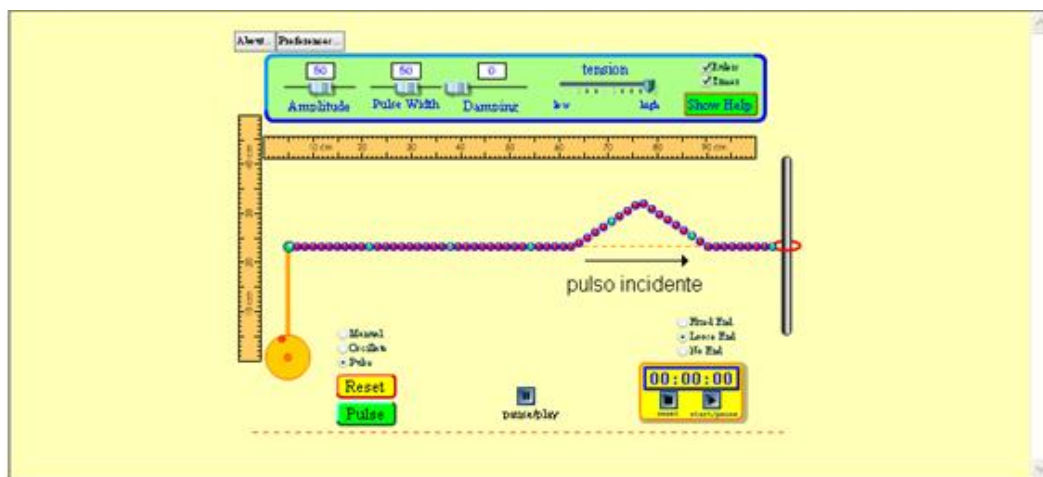
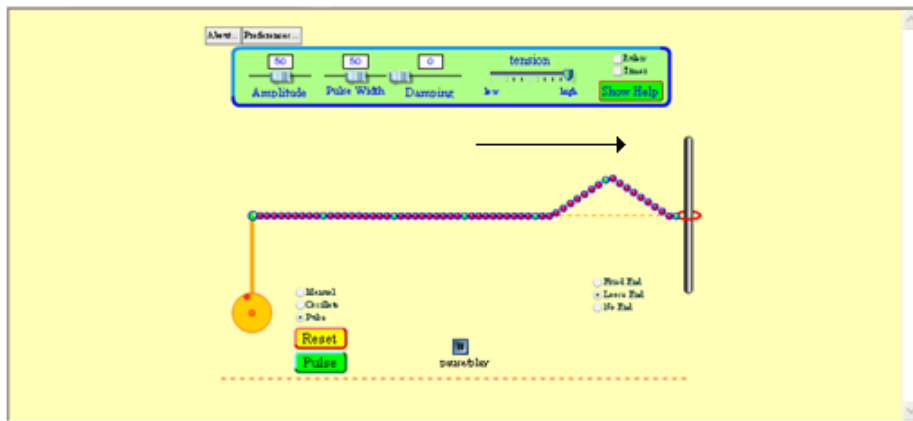
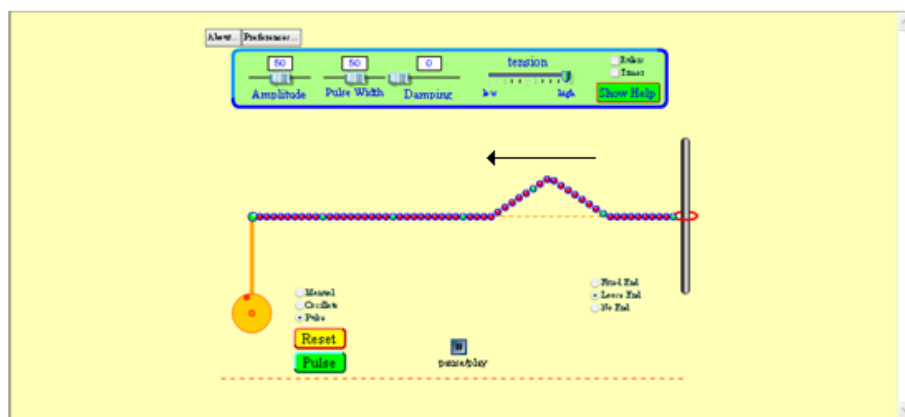


Figura 6 – Representação de um pulso propagando-se através de uma corda esticada.

Com o extremo da corda livre, ao atingir a haste o pulso inverte o sentido de movimento (o pulso é refletido), mas não inverte a fase. Isso é verificado nas Figuras 7a e 7b.



(a)



(b)

Figura 7– Pulso produzido em uma corda com extremidade livre. (a) Ao atingir a haste e (b) refletido (retornado) – sem inversão de fase.

EXTREMO DA CORDA FIXA

Com a extremidade da corda fixa o pulso incidente tem um comportamento semelhante quando o extremo da corda está livre. Ele se propaga até chegar à extremidade, com na situação descrita na Figura 8. Entretanto quando o pulso incide na extremidade fixa, a situação não é mais a mesma do caso da extremidade livre, o pulso incidente é refletido com mudança de fase conforme é apresentado na Figura 9.

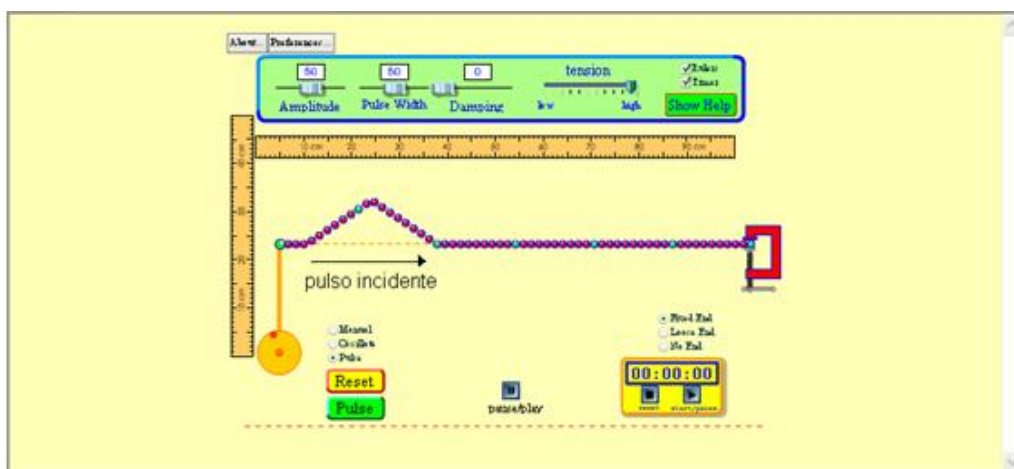


Figura 8 - Pulso produzido para observação do fenômeno da reflexão com a extremidade da corda fixa.

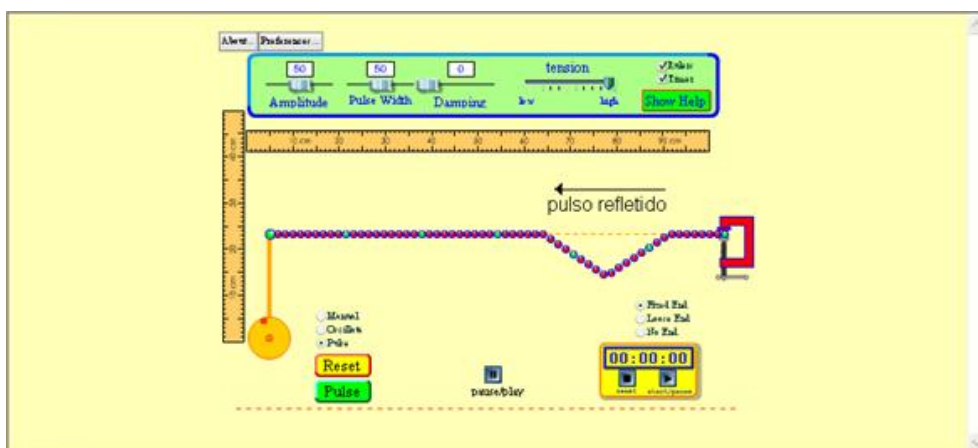


Figura 9 – O pulso sendo refletido, com inversão de fase.

3.4.5 ONDAS PERIÓDICAS

As ondas periódicas surgem quando temos uma propagação de vários pulsos iguais (Figura 10). Esses pulsos iguais, se não existisse atrito no sistema poderiam ser conseguidos quando com uma das mãos, efetuamos um movimento de sobe e desce numa das extremidades da corda. Na Figura para gerar esses pulsos iguais, usamos um oscilador. E deve-se também destacar que a extremidade da corda (lado direito) nem é fixa e nem é livre, mas infinita.

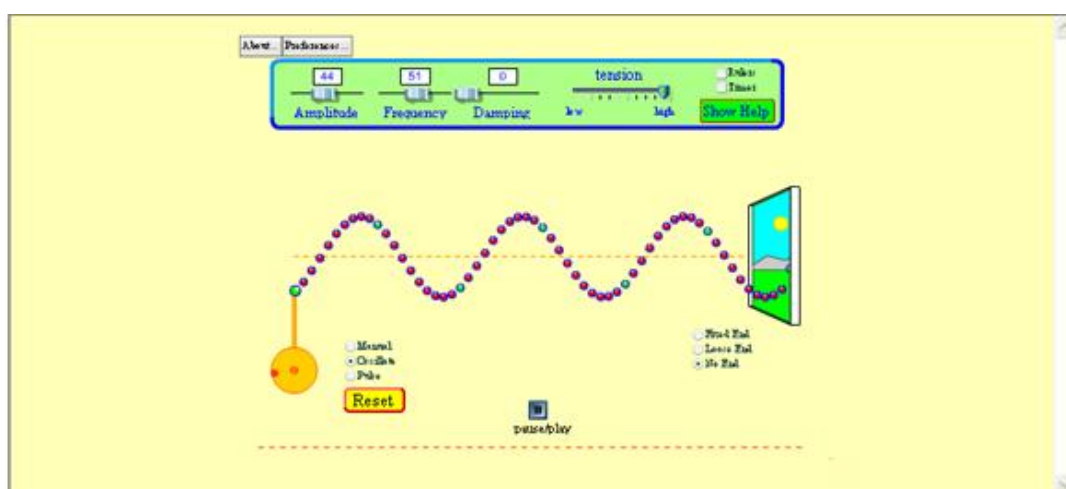


Figura 10 - Representação da produção das ondas periódicas numa corda com o simulador de ondas.

Tomando como base o simulador de ondas (Figura 11) e alguns conceitos que estão implícitos no estudo de ondas periódicas temos:

Elongação(y), referenciando o ponto oscilante **P** da Figura 11, a seguir temos que, a ordenada é o “valor algébrico da ordenada” desse ponto;

Amplitude da onda (A) é o maior valor da elongação, e relacionada com a energia transportada pela onda (CARRON e GUIMARÃES, 1997);

Frequência (f) é a razão entre o número de oscilações por unidade de tempo de um ponto qualquer da corda e nos fornece a frequência da propagação. Representamos por:

$$f = n/\Delta t. \quad (3)$$

Período(T) corresponde ao tempo gasto por qualquer ponto da corda para completar uma oscilação completa;

Comprimento de onda (λ) corresponde à menor distância entre dois pontos que oscilam em concordância de fase (à distância **AB** ou **CD**, por exemplo), isto é, quando os pontos em qualquer instante estão apresentando o mesmo sentido de movimento (por exemplo, **A e B**, **C e D**, **E e F**). Também é definido como sendo a distância entre dois vales ou duas cristas consecutivas da onda.

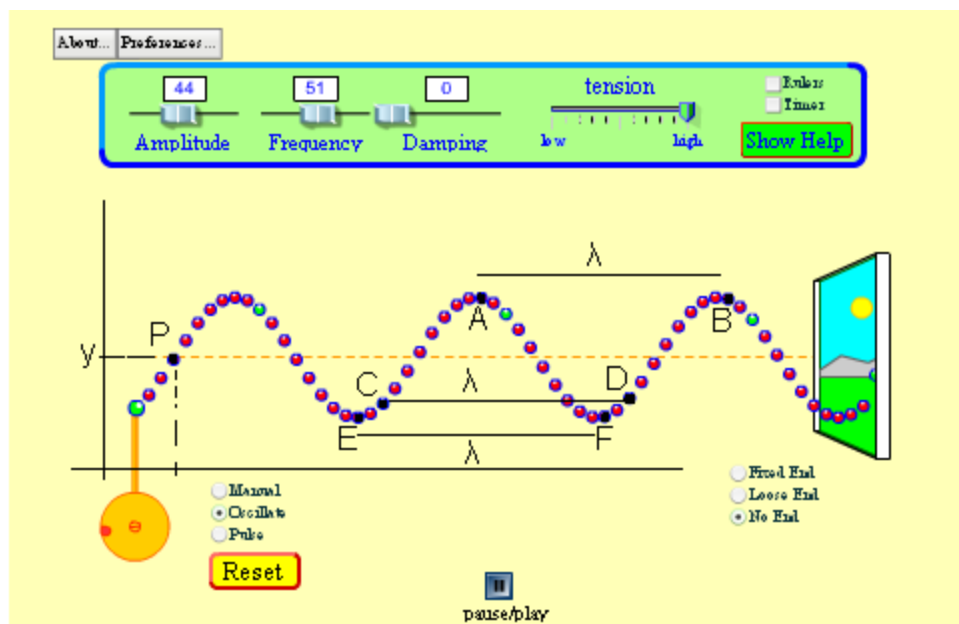


Figura 11– Representação dos elementos principais de uma onda para melhor entendimento dos conceitos básicos de uma onda harmônica.

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS PERIÓDICAS

Num mesmo intervalo de tempo T (período), temos a repetição das fases, o que corresponde a uma distância λ (comprimento de onda). Considerando-se constante as propagações podemos determinar a velocidade de propagação através da equação:

$$v = \lambda f. \quad (4)$$

Onde v é a velocidade de propagação da onda e f é a frequência da mesma.

EQUAÇÃO DE ONDAS PERIÓDICAS (OU HARMÔNICAS)

Todos os conceitos aqui abordados tratam da descrição de movimentos periódicos e, portanto, cada elemento da corda (ou ponto) executa um MHS (Movimento Harmônico Simples) na direção vertical. Com as ondas se propagando com velocidade v constante, dessa forma podemos representar a configuração da onda num instante t qualquer pela equação, a seguir, chamada de função de onda.

$$y = a. \cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) + \varphi_0\right]. \quad (5)$$

Nessa equação temos que a é amplitude da onda no eixo das ordenadas y , T o período da onda, λ o comprimento de onda e φ_0 , a fase inicial do movimento periódico.

CAPÍTULO 4

O PERCURSO METODOLÓGICO

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo apresentamos o percurso metodológico da intervenção que teve como recurso didático principal o uso do simulador computacional de ondas mecânicas transversais. Apresentamos o tipo de investigação, alguns aspectos do simulador de ondas numa corda, os sujeitos da pesquisa, os instrumentos de coleta de dados e a descrição dos encontros da intervenção didática à luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

A pesquisa desenvolvida foi classificada como qualitativa, já que o objetivo foi o de descrever as mudanças de comportamento após a intervenção didática utilizando o simulador computacional em sala de aula, como recurso didático, com o objetivo de verificar se os estudantes despertaria o interesse e demonstrariam certo grau de compreensão do conteúdo que foi abordado. Com isso, esperávamos “quebrar a barreira do tradicionalismo” do ensino que ainda permeia na maioria dos nossos estabelecimentos de ensino, em particular, os de ensino público ou até mesmo privados.

Foi escolhido o simulador computacional do projeto PhET (Simulações Interativas de Ciência) da Universidade de Colorado, para ser utilizado na intervenção didática, pois ele é de fácil aplicação, permite que o usuário modifique os parâmetros e os valores iniciais, permite verificar o que acontece com o fenômeno físico além da sua gratuidade.

4.2 TIPO DE INVESTIGAÇÃO

Nos capítulos anteriores foi possível delinear os pressupostos teóricos desta dissertação, particularizando a possibilidade de entrelaçamento do ensino da Física com as tecnologias de informação, ou seja, usar o simulador computacional de ondas numa corda como um recurso didático primordial numa intervenção. Além de enfatizarmos que quando expomos o conteúdo de onda esse requer certo grau de abstração e que o uso do simulador de ondas numa corda pode servir para descrever de forma mais plausível. Situamos a perspectiva deste trabalho no campo pedagógico, em que os elementos discutidos no Capítulo 1 serviram como parâmetro para subsidiar a justificativa de utilização do simulador computacional no ensino de Física. No Capítulo 2, fizemos referência à teoria de Ausubel como base teórica para aplicarmos a intervenção didática em sala de aula. E de acordo com o Capítulo 3 ressaltamos alguns conceitos pertinentes ao campo de estudo das ondas em conexão com o uso do simulador computacional de ondas numa corda.

Ao definirmos a questão central que foi investigada nesta dissertação, a abordagem metodológica utilizada foi de natureza qualitativa que, segundo Lüdke e André (1986, p.13), “envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes”.

Do ponto de vista de seus objetivos (GIL, 1991) a pesquisa teve conforme a intervenção didática uma característica predominantemente descritiva, pois descreveu características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis, que envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados (questionário e observação sistemática). E do ponto de vista dos procedimentos técnicos, tem como participante o observador. De acordo com Lüdke e André (1986), o pesquisador, apesar de falar sobre os objetivos da pesquisa, não revela seu total interesse, somente parte do que pretende. Esse posicionamento foi tomado para que não houvesse alterações nos sujeitos estudados.

Nesta investigação, qualitativo-descritiva, o que se pretendia alcançar com o uso do simulador durante a intervenção utilizada foi descrito a partir das mudanças comportamentais, fornecidas pelas respostas dos estudantes através de questionários, tais como respostas diferenciadas das do que obtínhamos numa abordagem apenas expositiva, que se limita a termos técnicos ou científicos, ou seja, respostas que muitas vezes os estudantes memorizam, decoram, reproduzem e simplesmente respondem.

Escolhemos colocar em prática nossa proposta com uma quantidade de quatro encontros, cada um com duas horas-aula, sendo o terceiro encontro com uma hora-aula, formalizando um total de cinco horas e quinze minutos da intervenção didática.

4.3 SUJEITOS DA PESQUISA

Os sujeitos da pesquisa foram os estudantes da 2ª série, do Ensino Médio, da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Joana Emília da Silva¹⁷ onde leciono atualmente. Constituíram-se, de uma turma de 39 estudantes entre 14 e 20 anos de idade.

4.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Para coletarmos os dados foram utilizados dois questionários. Os questionários foram designados de questionários 1 e 2, que estão disponibilizados nos Apêndices 1 e 2, respectivamente. O primeiro questionário¹⁸ considerou os relatos dos estudantes quanto a sentimentos, críticas e sugestões ao analisarem a nossa proposta de intervenção didática. O segundo questionário¹⁹ constitui-se da avaliação bimestral, que coincidiu com o calendário do ano letivo da escola e abrangeu partes do conteúdo em que os estudantes deveriam demonstrar seu aprendizado acerca dos conceitos que foram apresentados com o simulador computacional.

A partir desses dois questionários foram tiradas algumas conclusões acerca da metodologia aplicada bem como da Teoria de Ausubel de se relevar os conhecimentos prévios para posteriormente ligá-los ao conteúdo que se deve ensinar.

¹⁷A escola está localizada na cidade de Fagundes, no estado da Paraíba. Esta escola possui um laboratório de informática agregado à sala de multimídia, motivo pelo qual escolhemos essa escola e quanto à turma da 2ª série pela relação entre o conteúdo programático e a grade curricular corresponde a essa série de ensino.

¹⁸ Foi composto de duas questões onde na *primeira questão* os estudantes descreveram sobre a influência que o uso de simuladores poderia ter em seu aprendizado, na *segunda questão* eles comparariam as oscilações numa corda que dois estudantes produziram na sala com as ondas produzidas com o simulador. Ver Apêndice 1.

¹⁹ Foi composto de seis questões (retiradas da atividade apresentada no Apêndice 3) para constituir a avaliação bimestral que coincidiu com o calendário do ano letivo da escola. Ver Apêndice 2.

4.5 DESCRIÇÃO BÁSICA DO SIMULADOR

Os simuladores computacionais para ensino de conceitos de Física são em sua maioria livres na rede mundial de computadores (*internet*). Estes simuladores têm abordado temas tais como, lançamento de projéteis, aquecimento, circuitos elétricos etc. O simulador computacional que utilizamos na intervenção didática abordou o tema ondas numa corda que nos permitiu tratar de definições tais como, amplitude e comprimento de onda, velocidade de propagação de pulsos em função da tensão na corda, interferência construtiva e destrutiva, inversão de fase, entre outros conceitos.

4.5.1 APRESENTANDO O SIMULADOR: WAVE ON A STRING SIMULATION

O simulador escolhido para a atividade experimental virtual de ondas numa corda está disponível no site do PhET – *InteractiveSimulations* (PhET, 2010), que faz parte da Universidade do Colorado como projeto de um laboratório virtual para as ciências, tais como a Física, Química e Biologia. A Figura 12, apresenta a imagem da página principal do Site do PhET, que possui uma estrutura dinâmica, ou seja, a parte em amarelo tem mudanças com o tempo e nada mais são do que links para diversos outros simuladores.

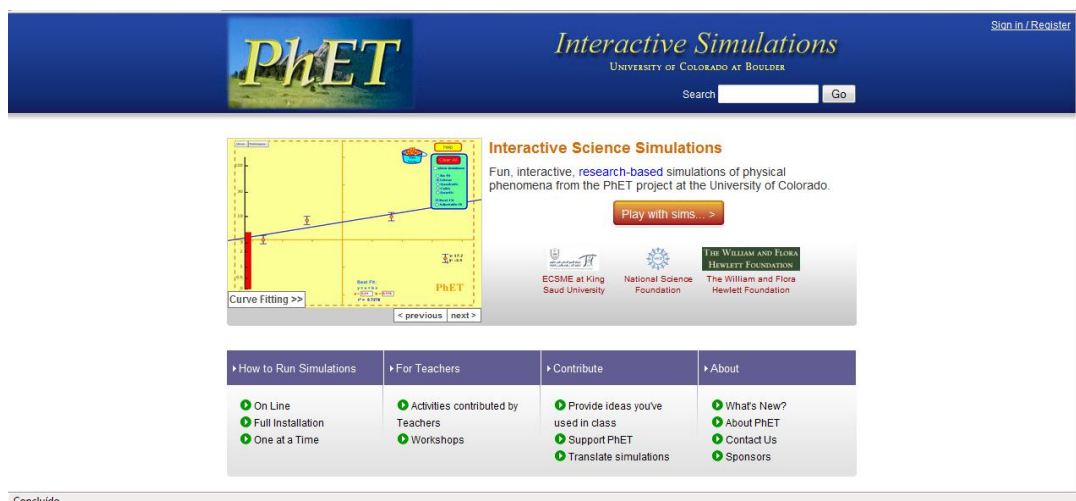


Figura 12 – Ilustração da página principal do Site do PhET.

O simulador computacional de ondas numa corda ou o “Waveon a StringSimulation” é um simulador para ondas que se propagam numa corda, que foi desenvolvido por S. Pennington da Essex High Scholl e direcionado para aulas de Física no ensino médio. É um software desenvolvido na linguagem Java não apresenta restrições quanto ao uso, ou seja, é software livre e, também, funciona “off-line” e é de fácil manuseio. É apropriado para situações em que se quer exemplificar e ampliar a visão de conceitos tais como transversalidade de uma onda, o que é pulso, a velocidade de propagação de um pulso numa corda em função da tensão aplicada, oscilações, amplitude, comprimento de onda, interferência construtiva e destrutiva de uma onda etc. A seguir, no próximo item, na Figura 13, exibimos a tela de apresentação inicial do simulador computacional de ondas numa corda.

4.5.2 DESCRIÇÃO DE ALGUNS ELEMENTOS BÁSICOS DO SIMULADOR COMPUTACIONAL DE ONDAS NUMA CORDA

O simulador computacional de ondas numa corda tem como característica algumas teclas, que tem informações individuais, formando uma espécie de instruções rápidas de uso e de explicação do fenômeno proposto. Este tem a tela de apresentação conforme a Figura 13. Nessa figura percebe-se que quem vai gerar as ondas mecânicas transversais é uma chave inglesa de acordo com o movimento imposto pelo usuário (ver lado esquerdo parte central do simulador) com o mouse (ou similar), devendo-se atentar que a extremidade da direita da corda está numa extremidade fixa.

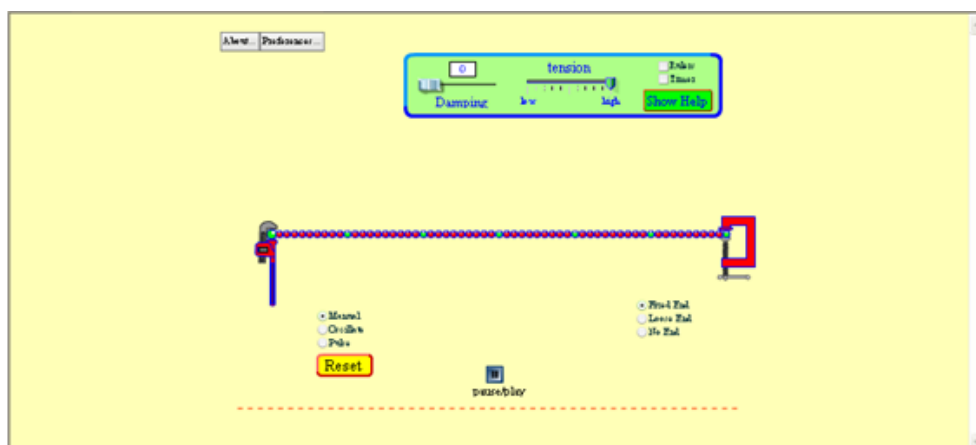


Figura 13 - Tela de apresentação inicial do simulador computacional. Caso da Extremidade fixa e geração de pulsos aleatórios de acordo com o comando do usuário.

No caso da escolha pelo usuário do oscilador (ver parte inferior esquerda da Figura 13), obtemos a tela da Figura 14. Neste caso temos a situação da corda da geração de ondas harmônicas com o fenômeno da reflexão pela extremidade da direita fixa. Também temos o caso de escolher a opção pulsos, em que há a geração de pulsos (de um ou mais pulsos) de acordo com o usuário.

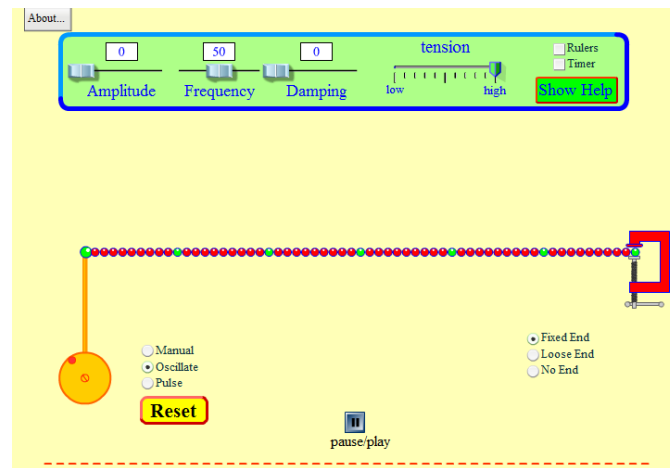


Figura 14 - Tela de apresentação inicial do simulador computacional. Caso da Extremidade fixa e geração de pulsos oscilatórios de acordo com o comando do usuário.

O usuário tem a opção de escolher extremidade solta e infinita, cujas imagens que aparecem do lado direito do simulador são apresentadas nas Figuras 15a e 15b, respectivamente.

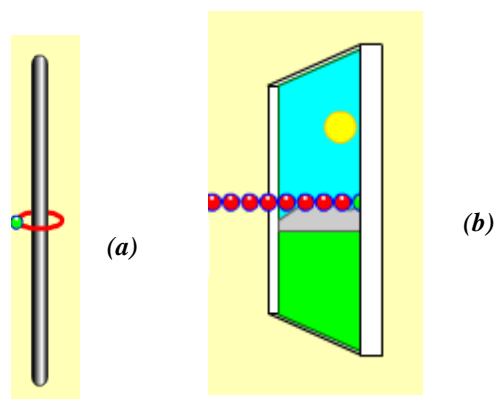


Figura 15 - Elementos que aparecem no simulador caso o usuário escolha (a) extremidade solta ou (b) extremidade infinita.

Com o simulador de ondas numa corda (*wave-on-a-string*) serão explorados conceitos tais como: tensão numa corda, densidade linear e relação com velocidade de propagação de pulsos em meio material, amplitude de uma onda, frequência, ondas estacionárias, largura de pulso, interferência

construtiva e interferência destrutiva, oscilação amortecida, corda vibrando com extremidade livre, com extremidade fixa e limitada e livre e ilimitada, dissipação de energia, inversão de fase, entre outros.

4.6A INTERVENÇÃO DIDÁTICA

Recorremos ao uso das simulações computacionais no ensino do conteúdo ondas, porque estas têm como objetivo tornar menos formais as definições e os conceitos e reproduzir os eventos que não podem ser observados facilmente de outro modo.

Incentivados por uma docência que possa diminuir as deficiências da aprendizagem de conteúdos da Física, elaboramos uma intervenção didática, em que objetivamos trabalhar uma metodologia de ensino associado com um recurso didático emergente que pudéssemos nos subsidiar melhor no ensino do conteúdo de ondas mecânicas. O recurso didático a que nos referimos foi o simulador computacional de ondas numa corda. Acreditamos que unindo esse com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel tivemos parte dos benefícios essenciais para propormos uma intervenção didática que pudéssemos auxiliar na potencialização da aprendizagem do conteúdo de ondas mecânicas.

A intervenção didática foi realizada em quatro encontros, sendo todos os encontros com 2 (duas) horas-aula de duração, exceção apenas para o terceiro encontro que teve a duração de 1 (uma) hora-aula. Cada hora-aula correspondeu a 45 (quarenta e cinco) minutos e foi desenvolvida numa turma de 2ª ano do ensino médio. A intervenção didática teve uma duração total de 7 (sete) horas-aula, ou seja, cinco horas e quinze minutos.

O uso do simulador computacional foi dado concomitante a sequência de conteúdos do capítulo 15 do livro Física para o Ensino Médio de Kazuhito Yamamoto e Luiz Felipe Fuke da Editora Saraiva²⁰ que em comparação a

²⁰FUKE, LUIZ FELIPE. Física para o Ensino Médio, volume 2/ Luiz Felipe Fuke, Kazuhito Yamamoto, Ed .Saraiva. São Paulo, 2010.

outros livros não é muito compacto e trata da maioria dos conceitos básicos exigidos nesse nível. O capítulo 15 inicia-se com o título *ondas* tratando de situações do cotidiano, tais como “a *ola*²¹ produzida pelas pessoas num estádio” e de aplicações tecnológicas das ondas na medicina e na transmissão de sinais e assim conduzindo a alguns focos do nosso trabalho que é o de exploração desses e de outros conceitos através do uso do simulador computacional de ondas numa corda.

A intervenção didática baseou-se praticamente no uso do simulador computacional (ou virtual) disponível na rede mundial de computadores²² (internet), e que onde foi descrito alguns conceitos dentro do campo de estudo das ondas mecânicas do tipo transversais. O Simulador Computacional é intitulado de “waveon a string” segundo a apresentação rápida retirada do próprio simulador computacional, tem-se a seguinte descrição deste: *“Assista a vibração sequencial em câmera lenta. Mexa (perturbe) a extremidade da corda para gerar ondas, ou ajuste a frequência e a amplitude da oscilação. Ajuste o amortecimento e a tensão. Na outra extremidade pode ser fixa, solta ou infinita”*.

O roteiro da intervenção didática foi baseado nos recursos que o simulador de ondas pôde disponibilizar e foi auxiliado a partir da sequência de conteúdos do livro texto que foi utilizado nesse ano de 2012. Com base no livro texto elaboramos uma atividade extraclasse (Apêndice 3). O roteiro para uso do simulador computacional de ondas foi intitulado “Roteiro rápido de uso do simulador computacional ondas numa corda, apresentado no Apêndice 4.

A seguir apresentamos cada encontro da intervenção didática.

A. PRIMEIRO ENCONTRO: A PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Antes da introdução do simulador computacional como ferramenta auxiliar no tratamento das definições e dos conceitos sobre ondas, levamos em

²¹Coreografia coletiva que foi popularizada na Copa do Mundo de 1986, pela torcida mexicana (ou seja, um movimento sincronizado da torcida, semelhante a uma onda).

²²<http://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-on-a-string>

consideração o meio em que os estudantes estavam inseridos, ou seja, consideramos os conhecimentos prévios de forma que o uso de uma corda foi útil para isso nesse encontro.

Por isso, apresentamos no primeiro encontro a temática: que realidade simular? Para isso, usamos uma corda na turma e pedimos a dois estudantes que fizessem vibra-la, um de cada vez.

Com o auxílio da corda e de algumas figuras representadas no quadro apresentamos as seguintes definições ou conceitos, na seguinte ordem:

- Amplitude;
- Comprimento de onda;
- Frequência;
- Amortecimento;
- Velocidade de propagação de pulso.

Devemos ressaltar que nesse encontro não foi abordado o conceito de onda do ponto de vista descrito nos livros textos, desse modo os estudantes puderam apresentar seu próprio conceito e depois relacionar com as definições ou conceitos mais formais como as que os livros trazem.

Ainda nesse encontro foi proposto que os estudantes descrevessem sobre o tema, ondas, destacando situações onde acontecia o fenômeno das ondas e ou sua aplicação. Este encontro teve a duração de noventa minutos.

Foi informado aos estudantes que com o simulador computacional que dispúnhamos no laboratório de informática poderíamos visualizar melhor a condição para que um pulso se movesse mais rápido e como poderíamos controlar o amortecimento da corda, bem como produzir pulsos de mesma amplitude e entenderíamos melhor o conceito de frequência da oscilação numa corda.

B. SEGUNDO ENCONTRO: UTILIZANDO O SIMULADOR COMPUTACIONAL DE ONDAS NUMA CORDA

Esse encontro foi dado no laboratório de informática e seguimos uma sequência de definições e conceitos dos quais alguns deles já tinham sido descritos no primeiro encontro com o auxílio do uso da corda na sala de aula. Essas definições e/ou conceitos foram apresentados utilizando o simulador computacional através do projetor de slides (datashow) depois que tivemos uma breve visão das funções de alguns cursores e botões da tela inicial do simulador computacional.

Após a apresentação de alguns dos aspectos do simulador computacional, apresentamos uma sequência de conceitos que pudessem ser tratados no simulador na sala do laboratório de informática.

As definições ou os conceitos tratados com o simulador computacional tiveram a seguinte ordem:

- Corda vibrando com e sem amortecimento;
- Influência da tensão na velocidade de propagação de um pulso;
- Reflexão de um pulso e inversão de fase;
- Comprimento de onda e relação com pontos da corda em concordância de fase;
- O conceito de frequência e de amplitude;
- Interferência destrutiva e interferência construtiva.

Cada definição ou conceito tratado foi apresentado de forma que os estudantes pudessem manipular o simulador computacional numa outra ocasião com o auxílio do roteiro rápido descrito no Apêndice 4. Entre a apresentação de uma definição (ou conceito) e outra as dúvidas de uso e/ou compreensão do fenômeno foram retiradas de acordo com a necessidade de cada estudante.

C. TERCEIRO ENCONTRO: AVALIANDO O USO DO SIMULADOR COMPUTACIONAL QUANTO A SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A APRENDIZAGEM

No terceiro encontro, com a duração de 45 minutos, utilizamos duas questões para avaliarmos o uso do simulador computacional quanto a sua contribuição para a aprendizagem. As questões levantadas foram as seguintes:

1. Como as aulas com simuladores pode contribuir para o seu aprendizado, ou seja, o que você acha de aulas com simuladores para a abordagem de alguns conteúdos da Física?

2. Que diferenças você pôde perceber em relação ao comportamento da corda real utilizada por Mateus e Lizandra na sala de aula em comparação com o que acontece com a corda do simulador?

A primeira questão foi respondida pelos estudantes para que pudéssemos captar os sentimentos e o grau de aceitação da proposta da intervenção didática deveria revelar.

Já a segunda questão teve como objetivo captar alguns aspectos da aprendizagem significativa, ou seja, ao se utilizar de uma situação real e de uma simulada, verificar se os estudantes seriam capazes de descrever alguns dos conceitos que foram tratados tanto na simulação computacional quanto no manuseio da corda em sala. As respostas fornecidas foram digitalizadas e estão no Apêndice 7.

D. QUARTO ENCONTRO: AVALIAÇÃO DE VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM DO CONTEÚDO ABORDADO COM O SIMULADOR COMPUTACIONAL

Nesse encontro os estudantes foram submetidos a um teste de verificação da aprendizagem de definições ou conceitos que foram tratados com o simulador computacional.

As questões do teste de verificação da aprendizagem corresponderam de acordo com o calendário da escola, com a avaliação bimestral, que foram retiradas da atividade extraclasse (Apêndice 3). Essas questões usadas como avaliação bimestral estão exibidas no Apêndice 2. O tempo de aplicação foi de noventa minutos e correspondeu ao quarto encontro.

Embora o número de questões apresentadas nos testes não pudesse abranger todo o conteúdo, a partir das respostas fornecidas pelos estudantes nos deu para percebermos como a simulação computacional contribuiu para a aprendizagem significativa já que foi um momento mais dinâmico, muito diferente da exposição de conceitos que exigem um alto grau de maturidade e abstração.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo descrevemos nossas observações e análises quanto à participação e quanto às respostas dos estudantes as questões durante os quatro encontros da intervenção didática. A seguir apresentamos as observações e análises para cada encontro.

5.1 DESCRIÇÕES E ANÁLISES DOS ENCONTROS DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA

PRIMEIRO ENCONTRO:

No primeiro encontro explicamos em que se consistia e qual a sua finalidade. Informamos aos estudantes que iríamos fazer uma aula diferente e que gostaríamos da participação de todos e todas.

Nesse primeiro encontro procuramos fazer uma problematização inicial, para isso consideramos os conhecimentos prévios e fizemos trazê-los à tona utilizando uma corda, em que foi pedido a dois estudantes da turma que se dispusesse a participar dessa atividade. A Estudante LFS foi convidada a fazer o movimento de sobe e desce na corda com a extremidade livre e em seguida o Estudante MKS, essas vibrações produzidas na corda eram, em geral, conhecidas pela turma de “fazer cobrinhas”.

Apresentamos, com o auxílio dessa corda, os conceitos e/ou definições de: *pulso*, *amplitude*, *frequência*, *comprimento de onda* e *amortecimento*, nesta ordem. Nessa etapa apontamos para uma figura (estática) de um pulso e uma onda harmônica no quadro de giz em que poderíamos encontrar elementos tais como a amplitude e o comprimento de onda da onda, além de demonstrar o que seria uma onda amortecida e descrever os fatores que poderiam contribuir para

o fenômeno do amortecimento. Em nenhum momento foi fornecido aos estudantes o conceito de onda do ponto de vista descrito nos livros textos. Deste modo os estudantes poderiam apresentar seu próprio conceito e depois relacionar com os conceitos que os livros texto trazem.

No quadro de giz foram sequenciados conceitos tais como: amplitude, amortecimento, comprimento de onda e frequência e destacado alguns conceitos que não poderiam ser facilmente ilustrados com a corda, como por exemplo, o fenômeno da interferência destrutiva e da interferência construtiva, e também quando dois pontos da corda estão em concordância de fase e que seriam considerados em maiores detalhes com o simulador computacional.

No entanto, foi informado aos estudantes sobre o simulador computacional, ou seja, que no próximo encontro usaríamos esse recurso pedagógico no laboratório de informática e através dele poderíamos visualizar melhor a condição para que um pulso se movesse mais rápido, como poderíamos controlar o amortecimento da corda e como produzir pulsos de mesma amplitude e assim entenderíamos melhor o conceito de frequência de uma onda numa corda.

Ainda nesse encontro foi proposto aos estudantes que “descrevessem sobre o tema ondas, destacando situações onde acontecia o fenômeno e/ou sua aplicação”. Dos 39 estudantes da turma, 31 descreveram. Abaixo apresentamos as descrições de alguns estudantes sobre o tema ondas destacando situações onde acontecia o fenômeno e/ou sua aplicação, ou seja, as descrições de acordo com o que foi sugerido. Essas descrições foram escaneadas e estão apresentadas no Apêndice 6.

Estudante KSP: *“Na minha opinião, ondas pra mim são “precipitações” de água subindo ou quando a água “levita” fazendo com que no início ela comece fraca com pouca “pressão” e no final um pressão muito forte que ao se chocar com agente dá um impacto muito forte. Ondas pra mim é isso. As ondas estão presentes em tsunamis, ondas dos mares, nas praias entre outros.”*

Estudante JPA: *“Podem ser elevações do sacudir de cordas, forma uma onda. Pode também ser ondas magnéticas, ondas no mar. E até mesmo um ola de uma torcida, coreografia. Uma onda contém bastante energia, por isso existem vários tópicos nesse tema.”*

Estudante RCS: *“Ondas são movimentos, agitações que provocam uma reação num determinado lugar. Tendo como exemplo a tsunami, ao movimentar uma corda para cima e para baixo, ao jogar uma pedra num lago, entre outras situações semelhantes.”*

Estudante CHL: *“Ondas são movimentos gerados por movimentos ou forças de um fenômeno da natureza ou pode ser conduzida também por algo físico, por exemplo, duas pessoas lançam de um lado e outro em uma corda, forma ondas e o tamanho depende da força em que a pessoa está usando sobre a corda.”*

Utilizamos essa questão após o momento do uso da corda e de algumas exposições de conceitos de forma visual, pois como já conhecíamos a turma tínhamos quase certeza que os estudantes não possuíam os subsunçores (conhecimentos prévios) elaborados necessários para ancorar o novo conhecimento apresentado. Optamos pelo uso da corda e da explicação de contextos diversos de forma que os mesmos pudessem adquirir os subsunçores necessários.

Quanto mais elaborado for um subsunçor, maior será a capacidade de o estudante ancorar novas ideias, e quanto mais utilizado é um subsunçor mais será seu desenvolvimento e assim o poder de ancoragem (MOREIRA, 1998).

Podemos verificar a partir dos conceitos e das descrições que os estudantes forneceram comparando com os conceitos e descrições científicas corrente que os conceitos apresentados pelos estudantes podem ser considerados como conhecimentos prévios conforme a teoria de Ausubel (AUSUBEL, 1982; MOREIRA, 1998).

No entanto, é a partir destes conhecimentos prévios, que se pode construir o novo conhecimento que se quer tornar significativo. No nosso caso procuramos moldar esses conhecimentos a partir da abordagem do conteúdo pelo simulador computacional e a partir da sugestão de leitura e discussões com o auxílio do livro texto, que se constituiu no segundo encontro. Como o conteúdo de ondas é um tanto abstrato, ficamos na expectativa que o uso do simulador computacional auxiliado pelo livro texto favorecesse nessa mudança conceitual e deste modo à aprendizagem pudesse se tornar realmente significativa.

Contudo, para ocorrer uma aprendizagem significativa em situações formais, não basta o estudante apresentar em sua estrutura cognitiva conceitos relevantes e inclusivos relacionados ao conteúdo a ser abordado e o professor deve identificar quais desses elementos são relevantes ao que se quer ensinar. Neste aspecto temos que: *“O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos”* (AUSUBEL et al., 1980, p. viii)

Mesmo com o auxílio da corda, tivemos que as categorias das respostas dos estudantes nos indicaram que os mesmos relacionam aspectos pontuais do tema ondas. Eles conhecem alguns tipos de ondas, no entanto os fatores que podem provocar o acontecimento de onda, no geral, ainda são muito preliminares. No entanto, achamos que as explicações estavam de acordo com o que foi discutido e com nosso referencial teórico.

Percebemos nesse encontro que mesmo a Física se destacando como umas das disciplinas que apresenta problemas, tivemos um momento marcante de relacionamento entre o professor, estudantes e conhecimento. Afirmamos

isso baseados na experiência em anos anteriores com esse conhecimento na mesma escola. Por isso,

O professor precisa interromper a tradição de falar e ditar levando o aluno a um conjunto de territórios onde ele possa explorar suas idéias, bem como ser co-autor do processo de produção do seu próprio conhecimento. A partir daí o estudante terá um espaço de diálogo, participação e aprendizagem (LAPA et al., 2008, p.3).

SEGUNDO ENCONTRO:

Antes que o simulador fosse apresentado utilizamos um site de busca (site do Google “imagens”) e digitamos a palavra *onda*. Essa utilização do site foi para evidenciar por que boa parte dos estudantes quando abordados sobre o tema onda, faziam em geral, referência a ondas²³ na água ou no mar pela ação do vento. Além disso, foi comentado que o que eles haviam escrito na questão formulada no primeiro encontro estava relacionado com propagações de ondas em meios materiais que envolviam, principalmente, as ondas na água. Daí foi questionado: o que lhes vinha em mente quando mencionamos a palavra onda no primeiro encontro? E pela resposta que eles forneceram, explicamos o porquê havíamos proposto a descrição sobre o tema ondas no primeiro encontro de acordo com o que eles conheciam. Isso foi feito para resgatar os conceitos prévios que eles já carregavam consigo conforme a teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel.

Para o professor, um dos maiores desafios do ensino de Física é a construção de uma ponte entre o conhecimento escolar e o mundo cotidiano dos estudantes, nas escolas de ensino fundamental e médio (MOUALLEM, 2005).

Foi descrito aos estudantes que eles poderiam ver que nas ondas podem possuir uma geometria que se repete em ciclos de mesmo comprimento

²³ Isso foi evidenciado de acordo com a descrição que os estudantes fizeram em relação ao tema proposto no primeiro encontro da intervenção didática.

ao longo da corda, o qual é denominado de comprimento de onda. E foi enfatizado que se não ficou evidente no primeiro encontro através das figuras que usamos no quadro e giz, que eles deveriam ver esse fato quando usasse o simulador computacional de ondas numa corda, ou seja, que o comprimento de onda depende da frequência com que agitamos a corda e da velocidade com que as ondas se propagam através da dela, por exemplo, numa corda grossa as ondas se propagam mais lentamente que numa corda fina. Além disso, também evidenciamos que deveria ser entendido que as ondas permitem que transfiramos energia de um ponto a outro da corda sem haver transferência de matéria assim, se as ondas não transportam matéria alguma coisa se propaga e faz com que a onda caminhe ao longo do meio: a energia.

Dessa forma, uma propagação ondulatória de energia pode ser caracterizada pelo comprimento ou frequência das ondas que se formam. Para produzir ondas curtas precisamos agitar a corda com frequência mais alta, isto é, transferir mais rapidamente energia para a corda; por isso, as ondas de comprimento de onda curto transportam mais energia por intervalo de tempo (imaginemos um valor de um segundo). Na corda evidenciamos que foi a mão quem produziu a perturbação no meio e por isso a mão tem a denominação de fonte.

Diferente dos outros tipos de energia que dependem de um meio material como a corda para se propagar de um lugar para outro, existe um tipo de onda que pode se propagar no vácuo. Esses tipos de ondas são denominados de ondas eletromagnéticas. Como é possível tal propagação? É por que a propagação é dada pela variação dos campos elétricos e magnéticos. Trata-se de uma geração e propagação de ondas bem mais complexas que das ondas mecânicas, os que precisam de um meio para se propagar. Evidenciamos exemplos de ondas de acordo com o seu meio. Ondas mecânicas precisam de um meio material para se propagar como as ondas numa corda e as ondas sonoras. Já as ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material como as ondas de rádio, as ondas de TV e as ondas da luz visível.

Esse momento de confrontação de ideias foi um momento bastante proveitoso, em que pudemos fazer uma pequena explanação do que vem a ser uma onda e quais as grandezas principais envolvidas na descrição dessas com a participação ativa da maioria dos estudantes. Esse momento de confrontação de ideias durou cerca de 20 (vinte) minutos.

Após esse momento de confrontação de ideias, os estudantes acompanharam a maioria dos conceitos através do simulador computacional, pois a partir das vibrações da corda na sala de aula não foi possível abordar conceitos como: o de inversão de fase e de interferência. Embora fosse possível tratar de conceitos tais como: a frequência, a amplitude e o amortecimento. Os demais conceitos foram tratados de forma expositiva, pois envolviam alguns cálculos. Assim foi possível, verificar que os conceitos prévios dos estudantes se tornaram significativos no ponto de vista de aprendizagem.

A seguir apresentamos alguns momentos desse encontro em que abordamos alguns conceitos com o uso do simulador computacional de ondas numa corda.

1. Corda vibrando com e sem amortecimento

Nesse momento fizemos referência à corda usada na sala de aula, no encontro anterior, agitada (movimentada) pelos Estudantes LFS e MKS em comparação a alguns botões do simulador computacional. Ou seja, era possível conseguir os efeitos ao interagir com o simulador computacional. Para isso, seguimos a seguinte sequência:

- a) Marcar o botão *infinita*;
- b) Marcar a função *oscilador*;
- c) Deixar o *amortecimento* em torno de 50²⁴ (Figura 16).

²⁴ O amortecimento do simulador computacional do Phet tem uma escala de 0 (zero) a 100 (cem).

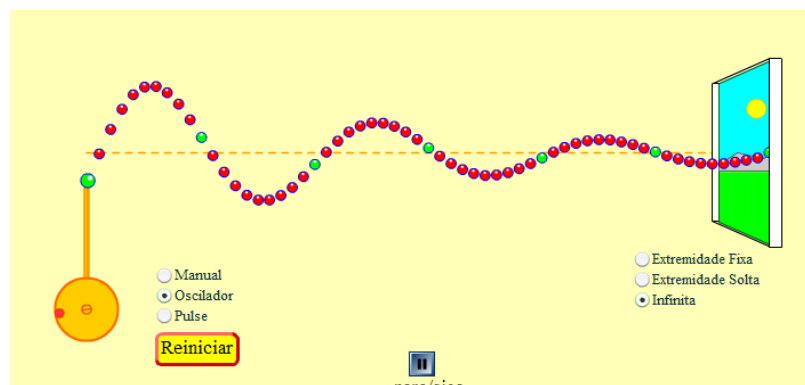


Figura 16 - Apresentação da situação com amortecimento como o uso do simulador computacional durante a intervenção didática.

d) Deixar o amortecimento em zero (Figura 17).

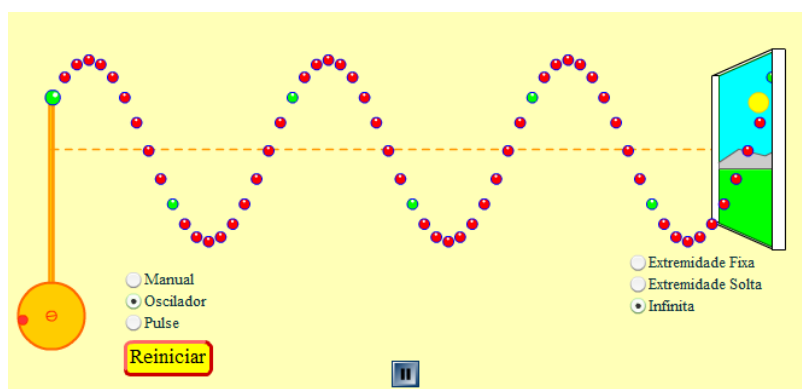


Figura 17 - Apresentação de uma situação sem amortecimento da onda com o simulador computacional durante a intervenção didática.

2. *Influência da tensão na velocidade de propagação de um pulso*

Nessa situação enfatizamos que na sala de aula dificilmente poderíamos visualizar a influência da tensão com a corda que utilizamos devido a sua densidade e a dificuldade que teríamos de tracioná-la (Figura 18), ou seja, não tínhamos como verificar que a velocidade dos pulsos em uma corda depende da densidade da corda (densidade linear) e da intensidade da tensão.

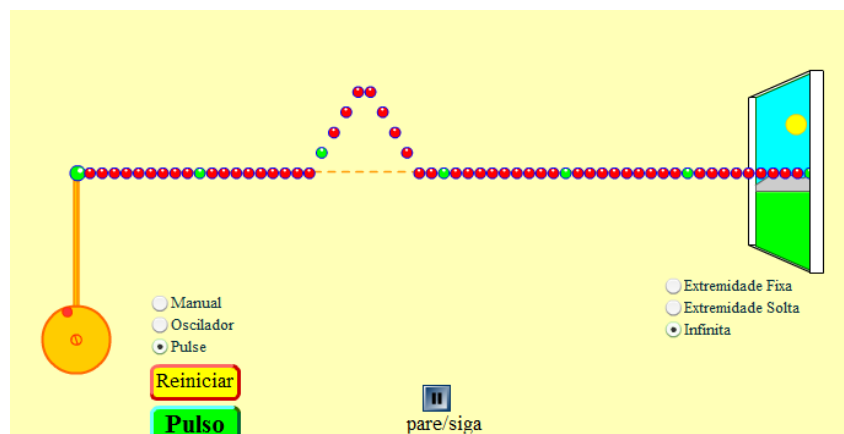


Figura 18 - Apresentação da representação de um único pulso e de sua relação com a tração da corda com o simulador computacional durante a intervenção didática.

3. Reflexão de um pulso e inversão de fase

A reflexão de um pulso foi mais um fenômeno que não poderíamos visualizar na sala de aula com a corda nas condições utilizadas. Nesse momento pedimos aos estudantes que colocassem o simulador computacional no modo pulso e extremidade da corda presa e limitada (Figura 19).

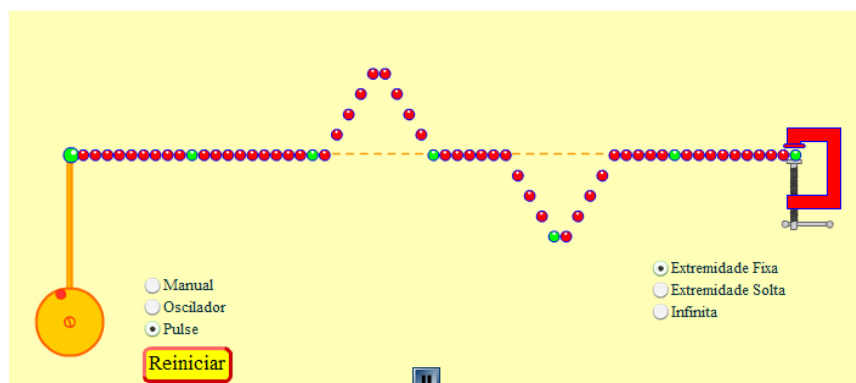


Figura 19 - Apresentação do que seria uma inversão de fase com o simulador computacional durante a intervenção didática.

4. Comprimento de onda e relação com pontos da corda em concordância de fase.

Foi explicado que dois pontos em concordância de fase determinam também o comprimento de onda além do conceito de que o comprimento de onda corresponde à distância entre duas cristas consecutivas ou dois vales da onda (Figura 20).

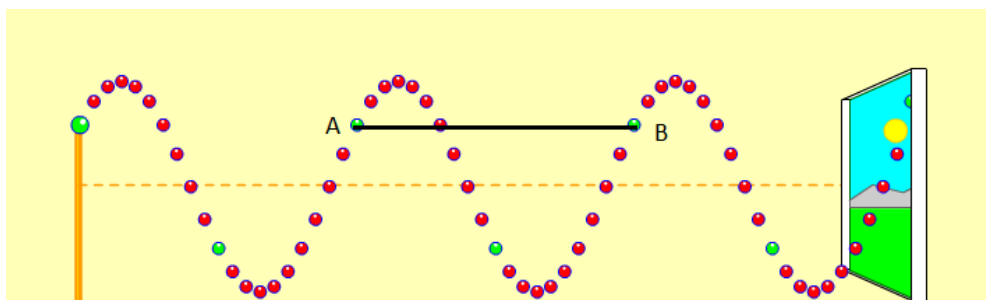
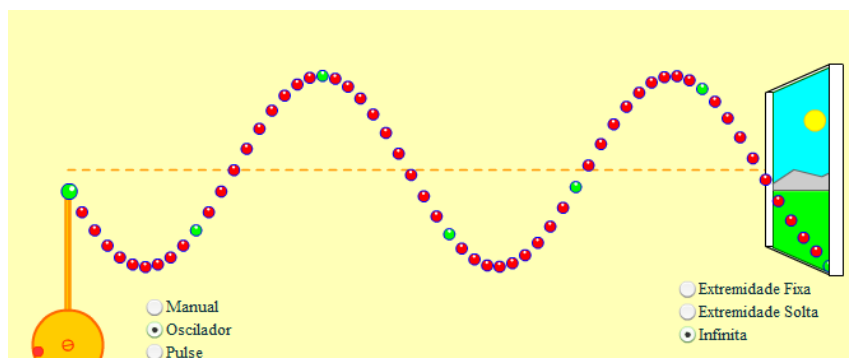


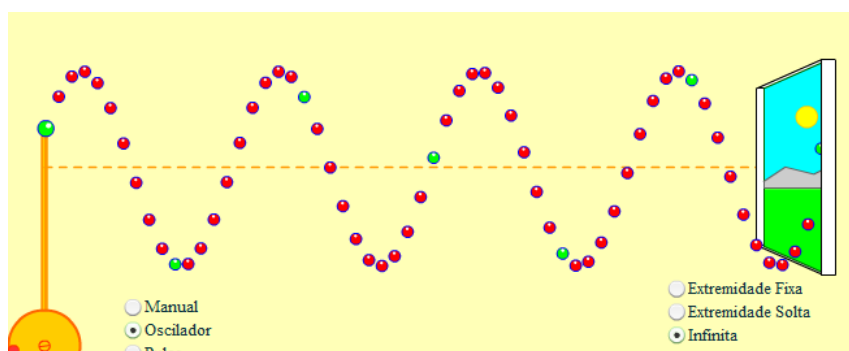
Figura 20 – Apresentação do fato de que se os dois pontos A e B que estão em concordância de fase e a distância entre eles corresponde a um comprimento de onda com o simulador computacional durante a intervenção didática.

5. Frequência e de amplitude

As duas configurações a seguir (Figura 21) foram apresentadas para que se pudesse visualizar o que seria uma onda de maior frequência em relação à outra onda e quais seriam as implicações. Por exemplo, no fenômeno da transmissão de sinais de rádio, TV etc. As Figuras 21a e 21b serviram para que os estudantes pudessem visualizar ondas com frequências diferentes e com a mesma amplitude.



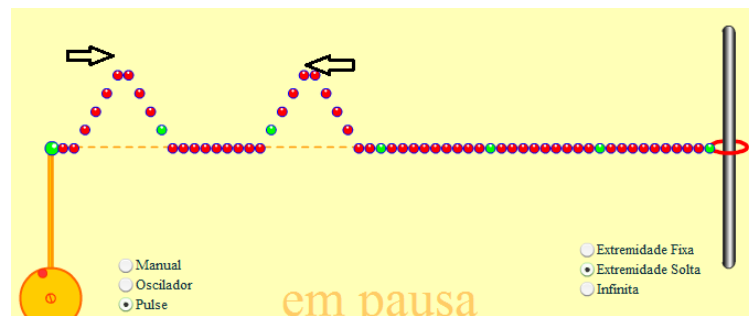
(a)



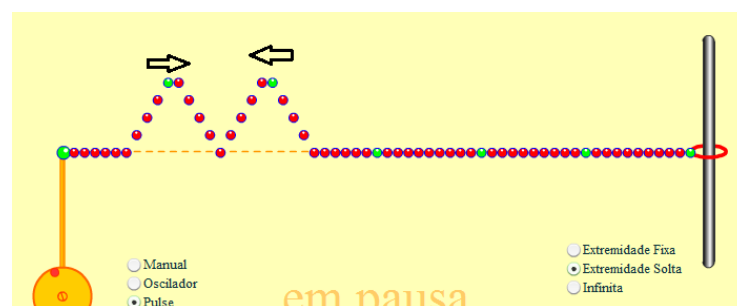
(b)

Figura 21 - Apresentação das ondas com frequências diferentes e mesma amplitude com o simulador computacional durante a intervenção didática. (a) menor frequência e (b) maior frequência. Interferência destrutiva e interferência construtiva.

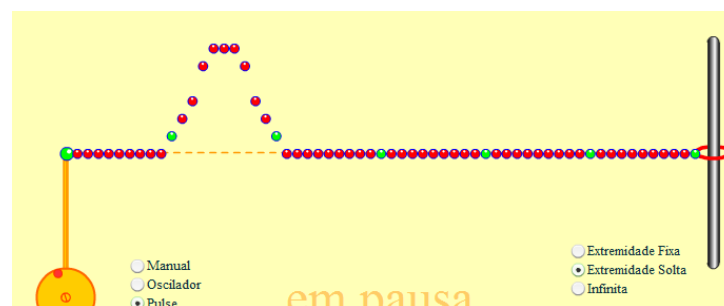
Nesse momento foi descrito a condição para que ocorresse a interferência construtiva e a interferência destrutiva. As Figuras 22a, 22b e 22c apresentaram como acontece a interferência construtiva com a extremidade da corda solta, mas o fenômeno acontece também com a extremidade da corda fixa. Evidenciamos que os dois pulsos propagando-se na mesma corda em sentidos opostos ao se encontrarem num determinado instante produziam uma interferência construtiva (pois esses estavam em concordância de fase) e para sabermos naquele instante a amplitude do pulso resultante deveríamos usar o princípio da superposição das ondas. Se os pulsos estivessem em oposição de fase teríamos uma interferência destrutiva.



(a)



(b)



(c)

Figura 22 - Apresentação de um pulso se movendo no mesmo sentido e com a mesma fase (a), representação de dois pulsos se aproximando (b) e representação do pulso resultante (c).

Como o uso do simulador computacional, observamos pelo comportamento da turma que este pode promover a aprendizagem significativa do conteúdo de onda numa corda, efetivando a ancoragem entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio do estudante. Afirmamos isso por que

observamos a interatividade dos estudantes como o simulador computacional assim como participação ativa dos estudantes, e a interação entre os próprios estudantes e entre os estudantes e o professor. Foi de fato um momento diferenciado.

No entanto, devemos ter cuidado, pois existem simuladores computacionais que servem como instrumento para diagnosticar o conhecimento prévio dos estudantes (SOUZA FILHO, 2010), servindo para a construção de significados conceituais corretos sobre o fenômeno físico.

Apesar de toda a produção já existente em termos de simuladores computacionais ou de simulações computacionais (SOUZA FILHO, 2010), avaliamos o simulador computacional utilizado como recurso didático e diferenciado, que pode contribuir de forma valiosa para o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de ondas mecânicas, ou seja, das ondas numa corda.

Percebemos no decorrer desse encontro que os estudantes assumiram uma atitude interessante, eles assumiram a atitude de construtor do conhecimento elaborando hipóteses e teorias em conjunto com o professor e com seus pares. Mesmo sabendo que as simulações são um dos mais importantes dos denominados objetos de aprendizagem, temos ainda uma tímida utilização em nossas escolas do ensino fundamental e médio. De acordo com Arantes (2010):

Um dos mais disseminados tipos de objetos de aprendizagem são as simulações computacionais de experimentos de física, que estão disponíveis para utilização em diversos contextos. Mas infelizmente seu uso em sala de aula está longe de ser uma realidade, particularmente no Ensino Médio (ARANTES et al., 2010, p. 27).

Pode haver questionamentos quanto ao nosso material utilizado. No entanto, não quisemos apresentar um bom material impresso ou um recurso semelhante, queríamos na realidade explorar ao máximo o potencial do simulador computacional. Pois, mesmo sabendo que o uso desse pode inserir

ruídos na aprendizagem (BODEMER et al., 2004), justificamos o uso do simulador por possibilitar o melhor acesso (visualização, menor abstração e interatividade) ao conteúdo.

Por isso tentamos usar ao máximo uma linguagem semelhante ao dos estudantes de maneira a facilitar a comunicação. Ainda fizemos o possível para nos colocarmos diante dos estudantes sem uma postura de superioridade (MENEGOTTO e ROCHA FILHO, 2008).

TERCEIRO ENCONTRO:

Nesse encontro solicitamos aos estudantes que respondessem, individualmente, as seguintes questões:

1ª Questão: Como as aulas com simuladores podem contribuir para o seu aprendizado, ou seja, o que você acha de aulas com simuladores para a abordagem de alguns conteúdos da Física?

2ª Questão: Que diferenças você pode perceber em relação ao comportamento da corda real utilizada por Mateus e Lizandra na sala de aula em comparação com o que acontece com a corda do simulador?

Essas duas questões (que se constituíram no questionário, Apêndice1, da avaliação pelos estudantes da intervenção didática), embora simples, nos permitiu a avaliação da contribuição do simulador computacional para a aprendizagem. Após a leitura e análise das respostas dos estudantes a essas duas questões, tivemos noções do que eles acharam da aprendizagem e da abordagem do conteúdo com o simulador computacional assim como do reconhecimento de sua importância. As respectivas análises e comentários foram dados a seguir.

Participaram dessa etapa 32 do total de 39 estudantes e algumas das falas destes estudantes estão expressas a seguir em relação à primeira questão. Ver digitalizações no Apêndice 7.

A **Questão1** respondida pelos estudantes nos permitiu identificar os sentimentos e o grau de aceitação da proposta de intervenção. Em geral todos se manifestaram motivados durante a descrição dos conceitos e das definições com o simulador. Isso ficou bem evidente de acordo com a forma como eles se expressaram ao responder essa questão. Mas, o fato em si não significa automaticamente que estivesse acontecendo uma aprendizagem significativa embora às falas dos estudantes em geral descrevessem suas surpresas quanto à forma como o conteúdo foi abordado.

As falas descritas abaixo fazem referência à nossa análise:

Estudante MLS: *“É melhor de se entender porque agente aplica a teoria na prática. E também no simulador você pode ver e entender detalhadamente o movimento das ondas na corda e agente aprende meio que brincando porque você tem total liberdade pra mover a corda com um instrumento que tem lá no site”.*

Estudante EDA: *“Eu adorei a aula com simuladores, com eles nós podemos ver como realmente funciona o conteúdo visto em sala de aula. É possível ver como o conteúdo funciona na prática, em várias situações”.*

Estudante KSP: *“Porque no simulador os conteúdos ficam mais explicados, pois na sala de aula quando o professor explica não se entende muita coisa e no simulador mostra como é, da pra se ter uma melhor aprendizagem porque também no simulador mostra as figuras exatamente como é seus movimentos e na sala não se dá essa base,*

que é muito interessante, que são esses movimentos, não se tem toda estrutura que se tem no simulador”.

Eles também descreveram sobre a insatisfação com o método tradicional corrente (habitual) quando relataram acerca da monotonia presente nesse método. Igualmente colocam que a abordagem com simuladores computacional melhoraria o trabalho do professor no sentido do tempo ser mais aproveitado e de a aula ser mais dinâmica. Alguns ainda descreveram sobre o incentivo que se dá para se aprender Física bem como contribui para um melhor entendimento até mesmo de conceitos complexos.

As simulações computacionais com objetivos educacionais dão suporte a atividades exploratórias caracterizadas pela observação, análise e interação dos estudantes com modelos já construídos (ARAUJO e VEIT, 2004).

Já a **Questão 2** respondida pelos estudantes nos permitiu aferir se a simulação ajudou os estudantes a conferir sentidos às representações da Física. Além de podermos comparar um experimento simples demonstrativo com a simulação computacional. As seguintes respostas dos estudantes se destacam:

Estudante ESA: *“Na sala os movimentos que a corda fez foram um tanto que desconectados, já no simulador tudo saiu perfeito e a turma viu diferentes formas e velocidades.”*

Estudante RCS: *“Existe uma pequena diferença, pois em relação ao comportamento da corda feito por Matheus e Lizandra não estava ritmada como a do simulador.”*

Estudante VMS: *“No simulador o entendimento é mais fácil, podemos visualizar de forma mais detalhada o que acontece com a corda. Ao contrário da corda real que, além de diferente, pode fazer movimentos parecidos com os da corda do simulador, mas não são iguais.”*

Estudante MGC: *“Na demonstração dos alunos em sala de aula, a batida da corda era mais irregular e não tinha uma frequência contínua, já no simulador era mais regular e também era possível mudar a amplitude, o amortecimento.”*

Estudante LTS: *“Muito grande, porque os alunos não conseguem manter a frequência das ondas, até porque os braços começam a cansar, e também tem o vento que não deixava a corda chegar reto a outra pessoa que está segurando a ponta da corda. Já no simulador acontece tudo perfeito pois é tudo calculado e executado por máquinas e por esse motivo a frequência vai ser a mesma do início ao fim.”*

Estudante KBS: *“Na demonstração de Matheus e Lyzandra, a batida da corda era mais irregular e não possuía uma frequência contínua, então seria quase que impossível calcular o comprimento entre duas cristas ou dois vales. Já no simulador, era mais regular, e também era possível mudar a amplitude, amortecimento, etc.”*

Estudante KBS: *“É muito parecido, mas dá para perceber que o amortecimento da corda se dá bem melhor que no simulador e também na sala de aula se nota melhor, o que realmente acontece que as ondas não são perfeitas.”*

Nesses depoimentos dos estudantes foi notável o uso simulador computacional como instrumento educacional, ele foi capaz de facilitar a aprendizagem do conteúdo ondas numa corda.

Então, podemos afirmar que a simulação computacional nos permitiu uma maneira de trabalho que proporciona uma participação ativa dos estudantes.

Resultados semelhantes foram obtidos por Martins et al. (2003, p. 11), em que *“a utilização de simulações on-line foi uma estratégia muito valorizada pelos alunos”*. Além disso, temos que segundo Dorneles (2010) e Arantes et al. (2010) as simulações não devem substituir os experimentos reais, o seu uso combinado pode tornar o processo de aprendizagem dos estudantes mais eficiente.

QUARTO ENCONTRO:

Nesse encontro os estudantes foram submetidos a um teste de verificação da aprendizagem de conceitos e definições que foram tratados com o simulador computacional.

Devemos enfatizar que as questões desse teste de verificação da aprendizagem (Apêndice 2) foram retiradas da atividade extraclasse (Apêndice 3). Porém a análise dos resultados em geral nos mostra ainda que boa parte dos estudantes comporta-se como se não soubessem dos conteúdos básicos para auxiliar na solução de problemas de Física envolvendo cálculos ou explicações. Essa situação observada nos remete a análise que,

a resolução de problemas e os exercícios laboratoriais não são inerentes nem necessariamente significativas e podem levar pouca ou nenhuma aprendizagem e retenção significativas, se o mecanismo de aprendizagem do estudante consistir, simplesmente, em memorizar problemas ‘tipo’ ou técnicas de manipulação de símbolos... , também se deve ter em conta que, tal como ‘fazer’ não a necessariamente à compreensão, a compreensão não implica, necessariamente, uma capacidade bem sucedida para resolver problemas que envolvem a consideração significativa dos princípios em questão. Existem fatores,

quanto a não compreensão, que também estão implicados no resultado das atividades de resolução de problemas (AUSUBEL, 2003, p.194).

Com base nas respostas fornecidas pelos estudantes acerca da aprendizagem de definições e conceitos²⁵ e de suas expectativas acerca do uso de simuladores computacionais, além das falas e relatos durante a intervenção didática, pode-se verificar a relevância do uso dessa tecnologia de informação como ferramenta no desenvolvimento da aprendizagem significativa desde que se explore o máximo possível o simulador computacional.

Apesar da facilidade de acessibilidade e reutilização do simulador computacional por parte dos estudantes, seja em suas casas ou até mesmo nos intervalos entre uma aula e outra na escola, esses parecem que ainda não se tornaram autônomos no processo de aprendizagem. Apesar das *“...inúmeras simulações computacionais de diferentes áreas e vem sendo muito utilizado por professores e alunos em todo o mundo”* (ARANTES et al., 2010, p. 28), no nosso caso parece que a utilização só se deu dentro do ambiente escolar, ou melhor, durante a intervenção didática.

Mesmo que o teste de verificação da aprendizagem tenha o formato tradicional, esperávamos, com o uso do simulador, dar condições de visualização e formalização de uma realidade e melhorar a capacidade de abstração dos estudantes.

E mesmo com os depoimentos positivos dos estudantes sobre o uso das simulações computacionais, talvez esses não compreendessem o que estava sendo abordado, pois as palavras utilizadas no teste de verificação ainda não pertencem, de fato, ao seu contexto e assim eles não conseguiram resolver como esperávamos as questões. Deste modo pudemos reconhecer que, esse tipo de exame não esgota a avaliação.

A função verdadeira da avaliação da aprendizagem seria auxiliar a construção da aprendizagem satisfatória; porém, como ela está

²⁵ Questionário para verificação da aprendizagem do conteúdo localizado no Apêndice 1.

centralizada nas provas e exames, secundariza o significado do ensino e da aprendizagem como atividades significativas em si mesmas e superestima os exames. Ou seja, pedagogicamente, a avaliação da aprendizagem, na medida em que estiver polarizada pelos exames, não cumprirá a sua função de subsidiar a decisão da melhoria da aprendizagem (LUCKESI, 2005, p.25).

Nessa problemática de avaliação, ou seja, do teste de verificação da aprendizagem, poderíamos somente levar em conta o crescimento e evolução dos estudantes em suas formas de pensar sobre o conteúdo. Indo de encontro a esse sentido, obtivemos atitudes positivas de admiração, interesse e participação. Em síntese, segundo Menegotto e Rocha Filho (2008):

[...] o professor pode reduzir muitos dos problemas relacionados à avaliação se implementar uma sistemática que contemple o conhecimento do conteúdo em si, tanto quanto suas implicações sócio-político-econômicas e suas aplicações cotidianas, incentivando o estudante a elaborar uma opinião fundamentada, e não um resumo do conteúdo seu contexto e, assim, ele não consegue aprender (MENEGOTTO e ROCHA FILHO, 2008, p. 308)

Apesar de uma das funções da avaliação ser a promoção da aprendizagem, ainda temos uma polêmica no mundo da escola. A escola tem ainda a cultura de que a avaliação deve ser a do tipo tradicional. E quando relatamos sobre a escola temos o segmento dos estudantes. E particularmente, no nosso caso, o teste de verificação da aprendizagem do conteúdo correspondeu à avaliação bimestral do calendário da escola. Assim, a polêmica ainda é grande, de que a avaliação está diretamente ligada ao pensamento dos professores e também dos alunos, embora persistam os entraves escolares relacionados ao próprio ensino da Física (MENEGOTTO e ROCHA FILHO, 2008).

Após analisar os dados da intervenção didática proposta, podemos observar que, a partir das expressões que os estudantes utilizam para descrever seu entendimento do que lhes é transmitido no conteúdo da aula, precisamos ajustar esses conceitos ou procurar substituí-los na sua rede de conhecimentos, ou seja, conduzi-los a compreensão e assimilação dos conceitos corretos a partir do que eles passaram a escrever. Isso com certeza

daria bastante trabalho e implicaria em mudanças no currículo e estrutura de funcionamento das instituições de ensino e poderia conduzir a novas investigações. A seguir apresentamos as análises das questões do teste de verificação da aprendizagem.

5.2 ANÁLISE DAS QUESTÕES DE AVALIAÇÃO

Para a avaliação da aprendizagem estiveram presentes 39 estudantes respondendo a avaliação do conteúdo (Questionário2) contendo 6 questões, duas questões envolvendo equações para solução e quatro para descrição de conceitos e/ou definições vistos com o simulador Computacional. Para cada uma das questões referentes à avaliação do conteúdo obtivemos os resultados a seguir.

Questão1:

Vinte um (54%) dos **trinta e nove** estudantes acertaram as alternativas **a** e **b** e **dez** estudantes (26%) apenas acertaram a alternativa **a** ou **b**, ou seja, **oito** estudantes não conseguiram resolver a questão1. Nesse caso tivemos cerca de 20% dos estudantes que não conseguiram associar os conceitos apresentados no simulador com a solução da questão.

Questão2:

Trinta (77%) estudantes apresentaram a resposta correta. Esse percentual de acerto está coerente com o resultado Questão 1 já que essas duas questões tratavam do mesmo conceito.

Questão 3:

Vinte e nove (74%) dos **trinta e nove** estudantes responderam coerentemente e os demais estudantes ou não responderam ou forneceram respostas contraditórias com o conceito de influência da tração sobre a velocidade de propagação do pulso. Por exemplo, abaixo temos as respostas contraditórias de dois dos estudantes:

Estudante MGM: *“Quando ela está esticada a velocidade de seu pulso é menor, fica mais lenta, já quando ela está solta o pulso fica mais rápido”.*

Estudante AFA: *“Quando a intensidade da tração é alta a velocidade de propagação dos pulsos é baixa. Porque quanto menor a tração menos esticada a corda estará e assim a velocidade dos pulsos”*

Questão 4:

Dezessete (43%) dos **trinta e nove** estudantes responderam coerentemente a condição para que ocorresse a interferência construtiva ou destrutiva, os demais ou não responderam ou forneceram respostas sem associação com o conteúdo. A seguir apresentamos um registro escrito do Estudante ED:

④ Interferência destrutiva: quando duas ondas (em direções opostas) se encontram estando em fases diferentes, uma destruindo a outra.



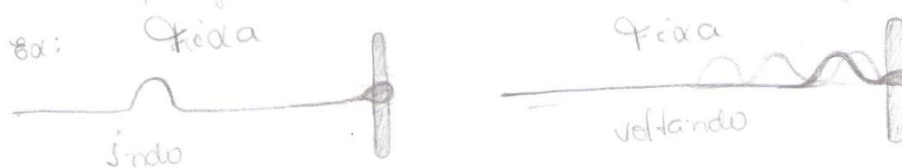
• Interferência construtiva: quando duas ondas (em direções opostas) se encontram estando em fases iguais, construindo uma onda de amplitude maior que as outras duas.



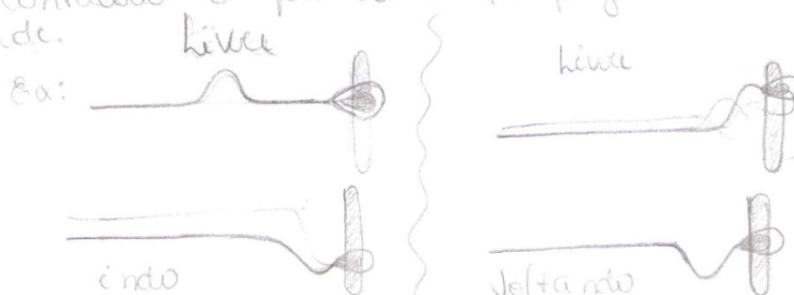
Questão 5:

Apenas **oito** (20%) estudantes responderam de forma coerente, os demais, ou não responderam, ou não apresentaram respostas representativas ao conteúdo ou o pedido na questão. A seguir o registro da resposta fornecida pela Estudante AFA, nesse caso houve uma inversão do significado da resposta que deveria ser fornecida já que a inversão de fase ocorre quando a extremidade da corda está fixa. Isso possivelmente não ficou claro durante a intervenção ou não foi significativo talvez devido algumas diferenças que não são evidentes entre o real e o virtual.

⑤ Na extremidade fixa ele volta ao meio do mesmo modo que foi a extremidade, e na mesma fase.



Na extremidade livre ele volta ao meio em fase contrária a que ele se propagou até a extremidade.



Questão 6:

Apenas **dois** dos **trinta e nove** estudantes tentaram responder. Acreditamos que os estudantes podem ter tido dificuldades na interpretação do enunciado da questão. Apesar de ser uma questão simples que não envolvia um alto nível de complexidade, os estudantes não conseguiram identificar que o intervalo de tempo para um ponto qualquer da corda passe da posição de deslocamento máximo à posição de deslocamento nulo é um quarto do período da onda. Entendendo esse fato não havia muitas complicações matemáticas para resolver essa questão.

5.3 ANÁLISE GERAL

As respostas fornecidas pelos estudantes descritas através dos questionários nos revelaram que eles:

- Têm seus próprios conceitos acerca do conteúdo de ondas, ou seja, os conceitos ou conhecimentos prévios estão latentes com os estudantes e podem ser despertados através de situações didáticas tais como o uso de simulações computacionais;
- Podem encontrar palavras ou expressões para descrever seus próprios conceitos acerca das questões levantadas. Assim, os estudantes ao expressarem seus conhecimentos prévios permite ao professor utiliza-los como intercâmbio para compreensão do conhecimento científico;
- Foram capazes de entender que o simulador computacional não representa a realidade física da experiência ou fenômeno natural envolvido e que pode haver diversos fatores que influenciam no comportamento da onda na corda. Mesmo aqueles que passaram a utilizar-se de termos como: *amplitude, amortecimento, frequência, comprimento de onda,*

interferência construtiva, entre outros, não soubessem entenderam conforme o aspecto científico descrito nos livros textos a associar ao fenômeno estudado com as grandezas envolvidas no fenômeno. Esse foi o caso da questão 6.

O motivo de usarmos a simulação computacional em conteúdos como esse, reside no fato de que se exige um elevado grau de abstração tanto de quem ensina quanto de quem é ensinado e também porque as representações de movimentos ondulatórios nos livros em sua maioria não condizem com a realidade física, já que se resume em representações de senóides e cossenóides e, na realidade, um movimento ondulatório em sua maioria (a exceção uma corda em movimento periódico transversal) é uma composição de vários movimentos.

As respostas fornecidas pelos estudantes nessa intervenção didática se diferenciaram muito em relação as que normalmente obtemos, que respostas em geral quando são fornecidas, ficam limitadas ao uso de termos técnicos ou científicos. Essas respostas na maioria das vezes são decoradas pelos estudantes para obtenção de uma nota ou como eles mesmos relatam atingirem a média. Embora, mesmo não tendo percentuais elevados de acertos no questionário correspondente a avaliação do conteúdo.

É importante enfatizarmos que na intervenção didática não fornecemos explicações pronta. Fizemos com que os estudantes refletissem sobre as explicações contraditórias e possíveis limitações do conhecimento quando comparado ao conhecimento científico. Neste caso o papel do professor foi problematizar com os estudantes as observações ou suposição para que em outro momento pudessem organizar o conhecimento científico envolvido.

No entanto, não podemos deixar de reconhecer que essa forma de abordagem apresenta vantagens em relação ao método tradicional de ensino. Além disso, nossa percepção enquanto professor-pesquisador durante a intervenção didática com o uso do simulador computacional nos permitiu sentir o entusiasmo dos estudantes. Mesmo, os resultados quantitativos da avaliação não sejam elevados, a utilização de um recurso como o simulador

computacional, por si só, não representou um receita para o sucesso na aprendizagem, ele colaborou com a motivação dos estudantes e a intervenção didática foi considerada por muitos como aulas prazerosas.

Portanto, as contribuições e os benefícios obtidos através do uso do simulador computacional, não podem ser negligenciados e devem ser explorados para uma satisfatória aprendizagem dos estudantes.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As simulações computacionais constituem-se em recursos pedagógicos que podem tornar as aulas mais atrativas estimulando a aprendizagem dos estudantes.

Com o simulador foi possível observar que se possibilita a criação de ambiente (ou objetos de aprendizagem) em que os estudantes aprendem fazendo ou manuseando, em vez de aprender simplesmente ouvindo.

Embora que não tenhamos tido valores quantitativos elevados na avaliação da aprendizagem utilizada após o uso do simulador computacional de ondas numa corda, foi possível verificarmos que a motivação e compreensão dos estudantes melhoram significativamente. Afirmamos isso em comparação com intervenções didáticas anteriores no mesmo nível de ensino e na mesma escola.

Explorando o máximo dos recursos do simulador computacional de ondas numa corda, nesse nível de ensino, nos permitiu fornecer uma visão básica do corpo de conhecimento em que os estudantes puderam construir e desenvolver capacidades e habilidades ampliando o universo de conhecimento sobre o tema abordado. Estes resultados, porém, estavam condicionados a necessidade do professor ser flexível na maneira de transmitir o conteúdo bem como de produzir e pesquisar meios para se apropriar do conhecimento prévio dos estudantes e assim produzir uma aprendizagem consistente.

Alguns dos resultados demonstrados na resolução dos problemas que exigiam o uso das equações revelaram as dificuldades dos estudantes, em associar os conhecimentos básicos da Matemática necessários a manipulação dos dados do problema físico. Embora eles soubessem o significado das grandezas físicas já que podiam lembrar-se dos conceitos abordados com o simulador computacional. Deste modo, para que esse domínio de solução de problemas envolvendo equações físicas seja melhorado, é necessário que haja

o intercâmbio de outras metodologias agregadas a uso do simulador computacional, o que não foi o foco de nossa pesquisa. Sendo que essa pesquisa se baseou em abordar os conceitos pertinentes ao campo das ondas de uma maneira mais dinâmica para que verificássemos se os resultados demonstrados seriam conforme previsto na teoria de Ausubel.

Notamos também o papel essencial do professor, pois as simulações computacionais por si só não garantem a aprendizagem de um conteúdo. Ou seja, a simulação computacional como qualquer outro recurso como: livros, vídeos, experimentos etc. não devem ser visto como prodígio que pode oferecer soluções dos múltiplos problemas do ensino de Física. O simulador computacional é um recurso didático que pode motivar a forma de apresentar a Física e que nos chama a atenção.

O uso de simulações computacionais no ensino de Física pode se configurar como um recurso didático motivador, pois permitem que temas ou conteúdos possam ser explorados dinamicamente e com menos em relação, por exemplo, ao livro texto.

Igualmente, a Física por ser uma ciência empírica e nem sempre as escolas dispõe de laboratórios de Física ou de ciências convencionais, as simulações computacionais podem ser uma alternativa viável. Entretanto devemos destacar que uma simulação computacional não deve substituir uma experiência em um laboratório convencional.

Com perspectivas futuras sugerimos que seja utilizando o uso de simuladores computacionais que abordem esse tema e, com o incremento de outros recursos didáticos se possam conseguir melhores resultados, ou seja, uma aprendizagem bem mais consistente e duradoura em situações semelhantes.

REFERÊNCIAS

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010.

ARAUJO, I. S., VEIT, E. A., Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Investigações em Ensino de Ciências**, UFRGS, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Obra Original: The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view. Lisboa: Alicerce, 1 Ed, 2000.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view**. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers, 2000.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980, 625 p.

AUSUBEL, David. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

BODEMER, D.; PLOETZNER, R.; FEUERLEIN, I.; SPADA, H. The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations, **Learning and Instruction**, v. 14, p 325-341, 2004

BRUNER, Jerome Seimur. **A cultura da educação**. Artmed, 2001.

CALEGARI, Renato. **Elaboração de animações gráficas para atividade de aprendizagem da dilatação térmica linear no ensino médio**. Dissertação de

Mestrado. Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e Matemática, Santa Maria- RS, UNIFRA, 2010.

CANDOTTI, E. **Ciência na educação popular**. Vitória - ES, UFES, 1999.

CARRON, W.; GUIMARÃES, G.. **As Faces da física: volume único**. São Paulo: Moderna, 1997.

CENNE, A. H. H. **Tecnologias computacionais como recurso complementar no ensino de física térmica**. Dissertação de Mestrado. UFRS, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Porto Alegre: Instituto de Física, 2007.

COLL, C.. **Psicologia do ensino**. São Paulo: Artmed, 2000.

DANTAS, C. R. da S. **As TICs e a teoria da aprendizagem significativa: uma proposta de intervenção no ensino de física**. Dissertação de Mestrado do programa: Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. Campina Grande, PB: UEPB, 2011.

DORNELES, P. F. T. **Integração entre as atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral**. Tese de Doutorado. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. 367p.

FAGUNDES, L.C. **A inteligência coletiva – a inteligência distribuída**. Pátio: Revista pedagógica, n.1, v.1, ano 1, p 14-17, maio/junho, 1997.

FUKE, L. F; YAMAMOTO K. **Física para o ensino médio**. São Paulo: Saraiva, 2010.

GERMANO, M. G. **Uma nova ciência para um novo senso comum**. Campina Grande, PB: EDUEPB, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

HECKLER V., SARAIVA M. de F.; OLIVEIRA FILHO, K. de S. Uso de Simuladores, Imagens e Animações como Ferramentas Auxiliares no Ensino/Aprendizagem de Óptica, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007.

LAPA, J. M.; HOHENFELD, D.; PENIDO, M. C. Pressupostos pedagógicos dos docentes quando da utilização das simulações computacionais nas aulas de física do ensino médio. Anais. **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Curitiba, 2008.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem escolar**. São Paulo: Cortez, 2005.

LUDKE M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

LUNELLI, G. B.. **Atividades baseadas em animação e simulação computacional no ensino-aprendizagem de cinemática em nível médio**. Santa Maria, RS: UNIFRA, 2010.

MAGALHÃES M. G. M., SCHIEL D. GUERRINI I. M., MAREGA JÚNIOR EUCLYDES. Utilizando Tecnologia Computacional na Análise Quantitativa de Movimentos: Uma Atividade para Alunos do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 97-102, 2002.

MARTINS, A. J.; FIOLEAIS, C.; PAIVA, J. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v.11, n.2, 2003.

MEDEIROS A.; MEDEIROS C. M. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 87-90, 2002.

MENEGOTTO, J. C.; ROCHA FILHO J. B. Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n.2, p. 298-312, 2008.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá.** Campinas, SP: Papirus, 2007.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. **Aprendizagem significativa** – a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A.. **Aprendizagem significativa.** Brasília: Ed. da UnB, 1998.

MOUALLEM, G. M. S. Entre muros e pontes - a prática do educador no cotidiano de uma escola pública mineira: mediação, embates e enfrentamentos. Anais. **V Colóquio Internacional Paulo Freire**, Recife-PE, 19 a 22-setembro 2005.

PAPERT, S. **A Máquina das crianças: repensando a escola da era da informática.** Porto Alegre, RS: Artmed, 2008.

PCNEM: BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio (PCNEM).** – Brasília: Ministério da Educação, 1999.

PIETROCOLA, M. **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora.** Maurício Pietrocola, (Organizador). Florianópolis, SC: UFSC, 2 Ed, 2005.

PRETTO, N. L. **Uma escola sem/com futuro - educação e multimídia.** Campinas, São Paulo: Editora Papirus, 1996.

SOUZA FILHO, G. F.; **Simuladores computacionais para o ensino de física básica: uma discussão sobre produção e uso.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Mestrado Profissional em Ensino de Física. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010. 86p.

VALENTE, J. A. **O uso inteligente do computador na educação. Pátio Revista Pedagógica.** Ed. Artes Médicas Sul, 1997.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de Física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 87-96, 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

QUESTÕES UTILIZADAS PARA A AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA COM USO DO SIMULADOR COMPUTACIONAL

QUESTIONÁRIO 1: O USO DO SIMULADOR COMPUTACIONAL

**E.E.E.F.M JOANA EMÍLIA DA SILVA
PROF. LAFAIETE SILVA FRANCISCO
DISCIPLINA: FÍSICA
CONTEÚDO: ONDAS MECÂNICAS
SUBTEMA: ONDAS TRANSVERSAIS NUMA CORDA**

Sobre a Aula com Simulador

Tópicos Abordados

1. Amplitude e comprimento de onda;
2. Frequência;
3. Amortecimento;
4. Velocidade de propagação de um pulso e a fórmula de Taylor;
5. Verificação do efeito de reflexão de um pulso com a corda com a extremidade livre e com a extremidade fixa;
6. Interferência construtiva e interferência destrutiva.

Comente sobre:

1. Como as aulas com simuladores pode contribuir para o seu aprendizado, ou seja, o que você acha de aulas com simuladores para a transmissão de alguns conteúdos da Física? *(Pode escrever no verso da folha se precisar)*
2. Que diferenças você pôde perceber em relação ao comportamento da corda real utilizada por Mateus e Lizandra na sala de aula em comparação com o que acontece com a corda do simulador?

APÊNDICE 2
QUESTIONÁRIO 2
AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Avaliação Bimestral Aplicada com o Tema Ondas Transversais Cujo Conteúdo abordado foi com a Utilização do Simulador Computacional de Ondas numa Corda

Escola Joana Emília da Silva

Fagundes ___ / ___ / ___

Estudante: _____

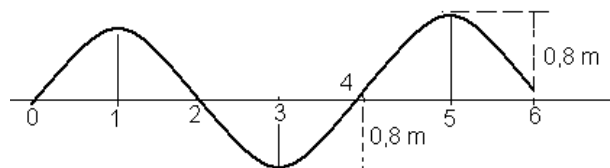
Física: 1º Bimestre

2º ANO

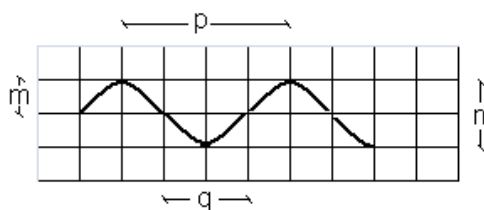
Prof.: Lafaiete Silva Francisco

1. A Figura abaixo mostra o perfil de uma corda onde se propaga uma onda periódica, com frequência de 10 Hz. Determine:

- A amplitude e o comprimento de onda;
- A sua velocidade de propagação.



2. (UEBA) O esquema representa a forma de uma onda periódica que se propaga em uma corda. A **amplitude** e o **comprimento** da onda são representados, respectivamente, pelas letras:



- m e p
- n e q
- n e p
- m e q
- m e n

3. Que relação existe entre a intensidade da tração numa corda e a velocidade de propagação de um pulso sobre essa corda? (Faça referência ao que foi visto no simulador)

4. Quais as condições para existência de uma interferência destrutiva? E para a interferência construtiva? (Faça referência ao que foi visto no simulador)

5. Quando um pulso, propagando-se numa corda, atinge sua extremidade, pode retornar para o meio em que estava se propagando. Esse fenômeno é denominado *reflexão*. Essa reflexão pode ocorrer de duas formas: (a) extremidade fixa e (b) extremidade livre. Explique cada uma delas. Se preferir usar desenho para auxiliar na explicação

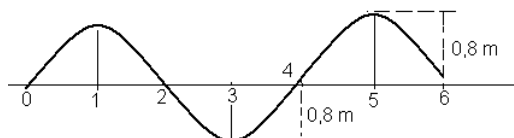
6. (UFOP 91) Uma onda senoidal propaga-se ao longo de uma corda. O intervalo de tempo mínimo para que um ponto qualquer da mesma passe da posição de deslocamento máximo à posição de deslocamento nulo é 0,25s. Sabendo-se que a velocidade de propagação da onda é de 100m/s, determine: (a) a frequência e o período da onda e (b) o comprimento de onda da onda.

APÊNDICE 3

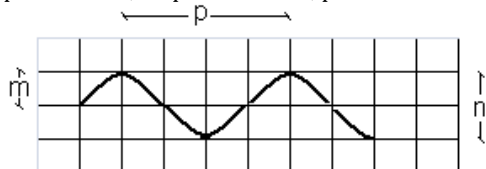
ATIVIDADE

1. A Figura abaixo mostra o perfil de uma corda onde se propaga uma onda periódica, com frequência de 10 Hz. Determine:

- c) A amplitude e o comprimento de onda;
d) A sua velocidade de propagação.



2. (UEBA) O esquema representa a forma de uma onda periódica que se propaga em uma corda. A **amplitude** e o **comprimento** da onda são representados, respectivamente, pelas letras

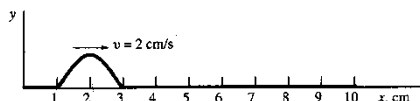


- a) n e q
b) n e p
c) m e q
d) m e n
e) m e p

3. Que relação existe entre a intensidade da tração numa corda e a velocidade de propagação de um pulso sobre essa corda? (Faça referência ao que foi visto no simulador)

4. Quais as condições para existência de uma interferência destrutiva? E para a interferência construtiva? (Faça referência ao que foi visto no simulador)

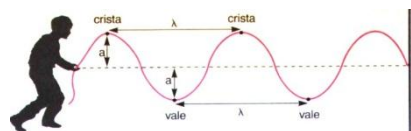
5. A Figura abaixo apresenta uma um pulso ondulatório no instante $t = 0$. O pulso se desloca para a direita, sem dispersão, a 2 cm/s. Desenhar a forma da corda nos instantes $t = 1, 2$ e 4 s.



6. Quando um pulso, propagando-se numa corda, atinge sua extremidade, pode retornar para o meio em que estava se propagando. Esse fenômeno é denominado *reflexão*. Essa reflexão pode ocorrer de duas formas: (a) extremidade fixa e (b) extremidade livre. Explique cada uma delas. Se preferir usar desenho para auxiliar na explicação

7. Considere uma pessoa executando um movimento vertical de sobe-e-desce na extremidade livre da

corda indicada na figura abaixo, em intervalos de tempo iguais. Assinale as alternativas corretas em cada uma das afirmativas abaixo



a. Esses impulsos causarão pulsos que se propagarão ao longo da corda em espaços iguais, pois os impulsos são:

- a) periódicos
b) constantes
c) lineares

b. A parte elevada denomina-se crista da onda e a cavidade entre duas cristas chama-se _____.

- a) período
b) espaço
c) vale

c. Denomina-se _____ o tempo necessário para que duas cristas consecutivas passem pelo mesmo ponto.

- a) Período
b) frequência
c) amplitude
d) comprimento de onda

d. Chama-se _____ o número de cristas consecutivas que passam por um mesmo ponto, em cada unidade de tempo.

- a) Período
b) frequência
c) amplitude
d) comprimento de onda

e. A distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos é denominada _____.

- a) Período
b) frequência
c) amplitude
d) comprimento de onda

8. O que tem haver o movimento ondulatório e o movimento harmônico simples. Use o exemplo da corda para explicar a relação.

9. (UFOP 91) Uma onda senoidal propaga-se ao longo de uma corda. O intervalo de tempo mínimo para que um ponto qualquer da mesma passe da posição de deslocamento máximo à posição de deslocamento nulo é 0,25s. Sabendo-se que a velocidade de propagação da onda é de 100m/s, determine: (a) a frequência e o período da onda e (b) o comprimento de onda da onda.

10. (PUC RS 99) Se numa corda, a distância entre dois vales consecutivos é 30 cm e a frequência é 6,0 Hz, a velocidade de propagação da onda na corda é:

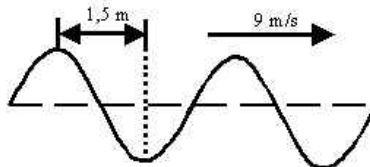
- a) 0,6 m/s
b) 1,0 m/s
c) 1,2 m/s
d) 2,0 m/s
e) 3,6 m/s

11. Para ondas que têm a mesma velocidade de propagação em um dado meio, são inversamente proporcionais (escolher uma alternativa):

- a) sua intensidade e sua amplitude.
- b) seu período e seu comprimento de onda.
- c) sua frequência e seu comprimento de onda.
- d) seu período e sua amplitude.
- e) sua frequência e sua amplitude.

12. (PUC MG 98-2). Uma onda se propaga em uma corda, conforme figura abaixo. Com base nos dados apresentados, conclui-se que a frequência dessa onda é:

- a) 2 Hz
- b) 3 Hz
- c) 6 Hz
- d) 9 Hz
- e) 12 Hz



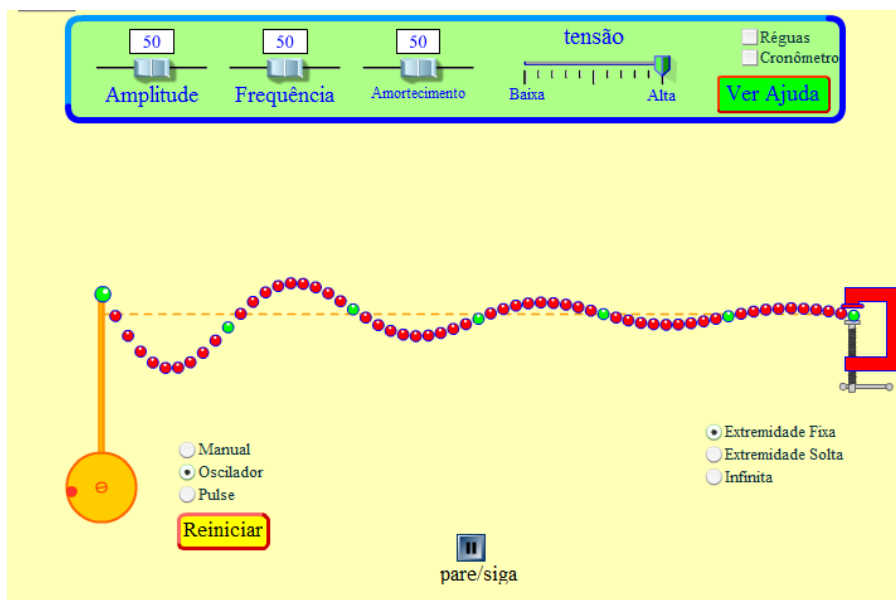
13. Discuta a propagação de um pulso com velocidade v em uma corda com uma das extremidades fixa.

APÊNDICE 4

ROTEIRO BÁSICO PARA VERIFICAÇÃO DE FUNCIONAMENTO

Ao abrirmos a tela inicial do simulador computacional podemos clicar sobre a chave inglesa e simular movimentos numa corda, nesse momento deve-se clicar com o botão esquerdo do mouse e arrastar para cima e para baixo. Se escolhermos a função “oscilador”²⁶ teremos um movimento automático da corda e em consequência a barra de tarefas muda de funções e nos permite modificar a amplitude, a frequência, o amortecimento ou a tensão na corda.

Ainda com essa barra de ferramentas podemos utilizar de régua para medir a amplitude ou o comprimento de onda. Temos as possibilidades de corda infinita²⁷, corda fixa²⁸ e corda livre (extremidade solta)²⁹ ao lado direito. É possível visualizar o aspecto da onda de forma mais lenta, basta clicar no botão pare/siga³⁰.




26 Oscilador

27 Infinita

28 Extremidade Fixa

29 Extremidade Solta

30  pare/siga

APÊNDICE 5

FOTOS DE ALGUNS MOMENTOS DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA



Figura A – Momento da Problematização inicial: Uma primeira referência a ondas transversais com o uso de uma corda.



Figura B – Momento do uso do simulador computacional de ondas numa corda no laboratório de informática.



Figura C – Momento da aplicação da avaliação do conteúdo ondas, que nesse trabalho foi denominado de Questionário 2.

APÊNDICE 6

Descrição digitalizada do teste de alguns dos estudantes sobre o tema ondas

Estudante KSP

→ Descreva sobre o tema ondas destacando situações onde acontece o fenômeno e ou sua aplicação.

Na minha opinião, ondas pra mim são "precipitações" de água subindo ou quando a água "levita" fazendo com que no início ela comece fraca com pouca "pressão" e no final um pressão muito forte que ao se chocar com a gente dá um impacto muito forte. Ondas pra mim é isso. As ondas estão presentes em tsunamis, ondas dos mares, nas praias entre outros.

Na minha opinião, ondas pra mim são "precipitações" de água subindo ou quando a água "levita" fazendo com que no início ela comece fraca com pouca "pressão" e no final uma pressão muito forte que ao se chocar com a gente dá um impacto muito forte. Ondas pra mim é isso. As ondas estão presentes em tsunamis, ondas dos mares, nas praias entre outros.

Estudante JPA

Podem ser elevações no sacador de cordas, forma uma onda. Pode também ser ondas magnéticas, ondas no mar. É até mesmo um tipo de uma torcida, coreografia. Uma onda com tem bastante energia, por isso existem vários tópicos nesse tema.

Podem ser elevações no sacudir de cordas, forma uma onda. Pode também ser ondas magnéticas, ondas no mar. E até mesmo um ola de uma torcida, coreografia. Uma onda com bastante nergia, por isso existem vários tópicos nesse tema.

Estudante RCS

Ondas são movimentos, agitações que provocam uma reação num determinado lugar. Tendo como exemplo a tsunami, ao movimentar uma corda para cima e para baixo, ao jogar uma pedra num lago, entre outras situações semelhantes.

Ondas são moviemntos, agitações que provocam uma reação num determinado lugar. Tendo como exemplo a tsunami, ao moviemntar uma corda para cima e para baixo, ao jogar uma pedra num lago, entre outras situações semelhandes.

Estudante CHL

Ondas são movimentos gerados por movimentos ou forças de um fenômeno da natureza ou pode ser conduzido também por algo físico; por exemplo quando duas pessoas lançam de um lado e outro em uma corda, formando ondas e o tamanho depende da força com que a pessoa está usando sobre a corda.

Ondas são movimentos gerados por movimentos ou forças de um fenômeno da natureza ou pode ser conduzido também por algo físico, por exemplo quando duas pessoas lançam de um lado e outro em uma corda, forma ondas e o tamanho depende da força com que a pessoa está usando sobre a corda.

APÊNDICE 7

DIGITALIZAÇÃO DE ALGUMAS RESPOSTAS FORNECIDAS AO QUESTIONÁRIO SOBRE AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Participaram dessa etapa 32 do total de 39 estudantes e algumas das falas destes estudantes estão expressas a seguir quanto a avaliação da proposta.

1ª Questão: Como as aulas com simuladores podem contribuir para seu aprendizado, ou seja, o que você acha de aulas com simuladores para a transmissão de alguns conteúdos de Física?

Estudante MLS:

1. Como as aulas com simuladores pode contribuir para o seu aprendizado, ou seja, o que você acha de aulas com simuladores para a transmissão de alguns conteúdos da Física?(Pode escrever no verso da folha se precisar)

É melhor de se entender porque a gente aplica a teoria na prática. É também no simulador você pode ver e entender detalhadamente o movimento das ondas na corda e a gente aprende meio que brincando por que você tem total liberdade pra mover a corda com um instrumento que tem lá no site. (O nome me fugiu da memória).

É melhor de se entender porque a gente aplica a teoria na prática. E também no simulador você pode ver e entender detalhadamente o movimento das ondas na corda e a gente aprende meio que brincando porque você tem total liberdade pra mover a corda com um instrumento que tem lá no site. O nome me fugiu da memória.

Estudante EDA:

1. Como as aulas com simuladores pode contribuir para o seu aprendizado, ou seja, o que você acha de aulas com simuladores para a transmissão de alguns conteúdos da Física?(Pode escrever no verso da folha se precisar)

Eu adorei a aula com simuladores, com eles nós podemos ver como realmente funciona o conteúdo visto em sala de aula. É possível ver como o conteúdo funciona na prática, em várias situações.

Eu adorei a aula com simuladores, com eles nós podemos ver como realmente funciona o conteúdo visto em sala de aula. É possível ver como o conteúdo funciona na prática, em várias situações.

Estudante KSP:

1. Como as aulas com simuladores pode contribuir para o seu aprendizado, ou seja, o que voce acha de aulas com simuladores para a transmissão de alguns conteúdos da Física?(Pode escrever no verso da folha se precisar)

Porque no simulador os conteúdos ficam mais explicados pois na sala de aula quando o professor explica não se entende muita coisa e no simulador mostra como é, da pra se ter uma melhor aprendizagem. Porque também no simulador mostra as figuras exatamente como é com seus movimentos e na sala não se dá essa base, que é muito interessante, que são esses movimentos, não se tem toda estrutura que se tem no simulador.

Porque no simulador os conteúdos ficam mais explicados pois na sala de aula quando o professor explica não se entende muita coisa e no simulador mostra como é, da pra se ter uma melhor aprendizagem. Porque também no simulador mostra as figuras exatamente como é com seus movimentos e na sala não se dá essa base, que é muito interessante, que são esses movimentos, não se tem toda estrutura que se tem no simulador.

1. Como as aulas com simuladores pode contribuir para o seu aprendizado, ou seja, o que voce acha de aulas com simuladores para a transmissão de alguns conteúdos da Física?(Pode escrever no verso da folha se precisar)

R: Com as aulas feitas com o uso dos simuladores, a forma de aprender e prestar atenção fica muito mais fácil e atrativo. As figuras criam movimentos, diferente de quando estão no quadro negro.

Com as aulas feitas com o uso dos simuladores, a forma de aprender e prestar atenção fica mais fácil e atrativo. As figuras criam movimentos, diferente de quando estão no quadro negro.

Questão 2: Que diferenças você pode perceber em relação ao comportamento da corda real utilizada por Mateus e Lizandra na sala de aula em comparação com o que acontece com a corda do simulador?

Estudante ESA:

Na sala os movimentos que a corda fez foram um tanto que desconectados, já no simulador tudo saiu perfeito e a turma viu diferentes formas e velocidades.

Na sala os movimentos que a corda fez foram um tanto que desconectados, já no simulador tudo saiu perfeito e a turma viu diferentes formas e velocidades.

Estudante RCS:

Existe uma pequena diferença, pois em relação aos comportamentos da corda feita por Mateus e Lizandra não estava submetida como a do simulador.

Existe uma pequena diferença, pois em relação ao comportamento da corda feito por Matheus e Lyzandra não estava ritmada como a do simulador.

Estudante VMS:

No simulador o entendimento é mais fácil, podemos visualizar de forma mais detalhada o que acontece com a corda. Ao contrário da corda real que, além de diferente, pode fazer movimentos parecidos com os da corda do simulador mas não são iguais.

No simulador o entendimento é mais fácil, podemos visualizar de forma mais detalhada o que acontece com a corda. Ao contrário da corda real que além de diferente, pode fazer movimentos parecidos com os da corda do simulador mas não são iguais.

Estudante MGC:

Na demonstração dos alunos em sala de aula, a batida da corda era mais irregular e não tinha uma frequência contínua, já no simulador era mais regular e também era possível mudar a amplitude, o amortecimento etc.

Na demonstração dos alunos em sala de aula, a batida da corda era mais irregular e não tinha uma frequência contínua, já no simulador era mais regular e também era possível mudar a amplitude, o amortecimento, etc.

Estudante LTS:

Muito grande, porque os alunos não conseguem manter a frequência das ondas, além porque os bates começam a cansar, e também tem o vento que não deixa a corda chegar reto a outra pessoa que está segurando a ponta da corda. Já no simulador acontece tudo feito pois é tudo calculado e executado por máquinas e por esses motivos a frequência vai ser a mesma do início ao fim.

Muito grande, porque os alunos não conseguem manter a frequência das ondas, até porque os braços começam a cansar, e também tem o vento que não deixa a corda chegar reto a outra pessoa que está segurando a ponta da corda já que no simulador acontece tudo perfeito pois é tudo calculado e executado por máquinas por esses motivos a frequência vai ser a mesma do início ao fim.

Estudante KBS:

Na demonstração de Matheus e Lyzandra, a batida da corda era mais irregular e não possuía uma frequência contínua, então seria quase que impossível calcular o comprimento entre duas cristas ou dois vales. Já no simulador era mais regular, e também era possível mudar a amplitude, amortecimento, etc.

Na demonstração de Matheus e Lyzandra, a batida da corda era mais irregular e não possuía uma frequência contínua, então seria quase que impossível calcular o comprimento entre duas cristas ou dois vales. Já no simulador era mais regular, e também era possível mudar a amplitude, amortecimento, etc.

Estudante CHS:

É muito parecido, mas dá para perceber que o amortecimento da corda se dá bem melhor que no simulador e também na sala de aula se nota melhor o que realmente acontece que as ondas não são constantes.

É muito parecido, mas dá para perceber que o amortecimento da corda se dá bem melhor que no simulador e também na sala de aula se nota melhor o que realmente acontece que as ondas não são constantes.