



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

Instituto de Ciências Biológicas

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**A Utilização de Instrumentos Musicais e Aparatos
Computacionais como Estratégia de Promoção da
Aprendizagem Significativa no Campo Conceitual da
Física Ondulatória, na Educação de Jovens e Adultos**

Marcelo Monteiro Pinto

**Brasília – DF
Setembro 2010**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação
Instituto de Física
Instituto de Química
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

*A Utilização de Instrumentos Musicais e Aparatos Computacionais
como Estratégia de Promoção da Aprendizagem Significativa no
Campo Conceitual da Física Ondulatória, na Educação de Jovens e
Adultos*

Marcelo Monteiro Pinto

Dissertação realizada sob a orientação da Prof^ª. Dr^ª. Célia Maria Soares Gomes de Sousa apresentado à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de concentração: Ensino de Física, pelo Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências.

**Brasília – DF
Setembro 2010**

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARCELO MONTEIRO PINTO

A Utilização de Instrumentos Musicais e Aparatos Computacionais como Estratégia de Promoção da Aprendizagem Significativa no Campo Conceitual da Física Ondulatória, na Educação de Jovens e Adultos.

Dissertação realizada sob a orientação da Prof^ª. Dr^ª. Célia Maria Soares Gomes de Sousa apresentado à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de concentração: Ensino de Física, pelo Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências.

Aprovada em 13 de outubro de 2010.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Célia Maria Soares Gomes de Sousa
(Presidente - Instituto de Física / UnB)

Prof. Dr. Roberto Nardi
(Membro externo - UNESP / Bauru)

Prof^ª. Dr^ª. Maria de Fátima da Silva Verdeaux
(Membro interno - Instituto de Física / UnB)

Prof^ª. Dr^ª. Maria Helena da Silva Carneiro
(Membro Suplente – Faculdade de Educação / UnB)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu tio Carlos Augusto Monteiro (*in memoriam*), pelo exemplo de uma vida oferecida ao Ensino de Física, sempre com a alegria e a firmeza de um grande educador, que soube plantar sementes e, tenho certeza, ainda hoje colhe bons frutos.

Dedico à minha família, que me apoiou incondicionalmente em todas as fases deste trabalho.

Dedico também aos meus alunos.

Marcelo Monteiro Pinto

AGRADECIMENTOS

Acredito ser impossível vencer uma batalha ou mesmo percorrer uma longa estrada sozinho, por isso agradeço sinceramente àqueles que me ajudaram na concretização de mais este pequeno passo da minha caminhada. Agradeço:

A Deus Pai e a meus amigos enviados por Ele, que nunca me faltaram, principalmente nos momentos mais difíceis, fazendo-me compreender que a proteção deles independe de condições.

A meu pai, Afonso Pereira Pinto, e minha mãe, Carmen Lúcia Monteiro Pinto, que me deram a condição para o estudo e o apoio firme para que pudesse acreditar em mim mesmo.

À minha querida irmã Raquel, pelo forte incentivo e pelas longas conversas sobre psicologia; também ao meu irmão Murilo, pelo exemplo de superação.

Ao meu amigo Michael, que me ajudou a registrar o início desta jornada.

À Leila Janne, que me ofereceu pedras seguras para pisar.

À diretora Cláudia Rosa, que auxilia sem cobrar reconhecimento.

Ao professor e amigo Cleovam Porto, pelas boas perguntas que me fez e faz.

À Andréia Tavares, pelo acompanhamento com o texto.

À Carolina Okawachi (Carol), pela atenção e disponibilidade para solucionar nossas dúvidas no PPGEC.

Aos meus colegas do PPGEC, especialmente os que ingressaram em 2008.

Aos professores do PPGEC.

Aos meus alunos.

A todos meus amigos que me incentivaram com uma palavra, um aperto de mão, uma pergunta curiosa, uma observação, uma crítica, enfim, contribuíram para minha melhora.

Um especial agradecimento à Professora Doutora Célia Maria Soares Gomes de Sousa, que me orientou de maneira equilibrada a não limitar o tamanho de meus passos, sem, contudo, deixar que se afastassem do chão.

Muito Obrigado.

Marcelo Monteiro Pinto

“Aprenda com amor, para ensinar com tolerância”.

Neiva Chaves Zelaya

“A procura da verdade é difícil e é fácil, já que ninguém poderá desvendá-la por completo ou ignorá-la inteiramente. Contudo, cada um de nós poderá acrescentar um pouco do nosso conhecimento sobre a natureza e, disto, certa grandeza emergirá”.

Aristóteles, 350 AC

RESUMO

A observação de que a Física Ondulatória, principalmente a que envolve os instrumentos musicais, é pouco trabalhada no ensino médio público e ainda menos na Educação de Jovens e Adultos nos levou a procurar estratégias a fim de auxiliar na mudança deste quadro. Nesta pesquisa, essencialmente qualitativa, utilizamos o auxílio de aparatos tecnológicos como vídeos interativos, a Internet, softwares, gravadores e produtores de sons, e, sobretudo, instrumentos musicais em sala de aula, na implementação de uma estratégia de ensino, embasada na Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud e na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. A partir da intervenção estruturada sobre estes fundamentos e respeitando as características dos alunos Jovens e Adultos e da estrutura escolar que os atende, obtivemos avanço em termos de aprendizagem, ainda que discreto.

Palavras-Chave: Ensino de Física, Física Ondulatória, Instrumentos Musicais, Aparatos tecnológicos, Campos Conceituais, Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

The observation that the Physics of Waves, especially the one involving musical instruments, is not much worked in the public high school and even less in the Education of Young and Adult led us to seek strategies to help change this situation. In this research, mainly qualitative, we used the aid of technological devices such as interactive video, Internet, software, writers and producers of sound and, above all, musical instruments in the classroom to implement the education strategy, based on the Theory of Conceptual Fields of Gerard Vergnaud and Meaningful Learning Theory of David Ausubel. From the structured intervention on these grounds and respecting the characteristics of youth and adult students and the school structure that meets the obtained improvement in terms of learning, yet discreet.

Keywords: Physics Teaching, Physics Wave, Musical Instruments, Apparatus technological, Conceptual Fields, Meaningful Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Diagrama da metodologia.....	73
Figura 2:	Vídeo para identificação de instrumentos.....	85
Figura 3:	Formação de uma “onda humana”.....	85
Figura 4:	Vídeo mostra a queda dominós.....	86
Figura 5:	Identificação de características ondulatórias em ondas no <i>Audacity</i>	88
Figura 6:	Estouro de balão.....	89
Figura 7:	Comparação entre onda transversal e longitudinal.....	89
Figura 8:	Imagens estáticas que relacionam rotação à unidade de tempo.....	90
Figura 9:	Padrão vibracional em instrumentos de percussão.....	91
Figura 10:	Padrões vibracionais em violinos.....	92
Figura 11:	<i>Audacity</i> mostrando variação da frequência e comprimento de onda.....	92
Figura 12:	Comparação de nota musical Lá produzida por violão e pelo <i>Audacity</i>	94
Figura 13:	Aviões a jato ultrapassando a “barreira do som” (vídeo).....	96
Figura 14:	Imagem de explosão (vídeo).....	96
Figura 15:	<i>Audacity</i> mostrando sons a partir de uma gaita (variação da velocidade).....	97
Figura 16:	Imagem estática sobre interferência.....	99
Figura 17:	Imagens do <i>Audacity</i> e de um livro didático (fenômeno de batimento).....	100
Figura 18:	Vídeo sobre a queda da ponte sobre o estreito de Tacoma.....	101
Figura 19:	Gráfico de respostas à questão número 1, pré-teste.....	104
Figura 20:	Gráfico de respostas à questão número 1, pós-teste.....	104
Figura 21:	Gráfico das respostas para questão 2, pré-teste.....	105
Figura 22:	Gráfico das respostas para questão 2, pós-teste.....	106
Figura 23:	Gráfico: comprimento da corda vibrante e som grave, pré-teste.....	107
Figura 24:	Gráfico: comprimento da corda vibrante e som grave, pós-teste.....	107
Figura 25:	Gráfico das respostas da questão número 4.....	109
Figura 26:	Gráfico das questões do tipo certo ou errado de conceitos diversos.....	110
Figura 27:	Gráfico de respostas à questão 6.....	112
Figura 28:	Gráfico de respostas à questão 7.....	113
Figura 29:	Gráfico de respostas à questão 8.....	114
Figura 30:	Gráfico das respostas da questão 9.....	115
Figura 31:	Gráfico de resposta para questão 10.....	116
Figura 32:	Gráfico de comparação de respostas contidas nas questões 8 e 10.....	117
Figura 33:	Representação de uma onda transversal de 60hz do <i>Audacity</i>	132
Figura 34:	Representação gráfica de ondas sonoras, num fenômeno de batimento.....	142
Figura 35:	Gráfico sobre a opinião dos alunos a questões variadas.....	154
Figura 36:	Gráfico da opinião dos alunos em relação às próprias faltas.....	155
Figura 37:	Gráfico da opinião dos alunos sobre tópico de maior dificuldade.....	156
Figura 38:	Gráfico da presença dos alunos ao longo da intervenção da pesquisa.....	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Pontos relevantes da metodologia aplicada.....	81
Tabela 2: Opinião dos alunos: instrumentos musicais em sala de aula.....	151
Tabela 3: Opinião dos alunos: aparatos tecnológicos em sala de aula.....	152
Tabela 4: Opinião dos alunos: aparatos tecnológicos e instrumentos juntos na aula.....	152
Tabela 5: Opinião dos alunos sobre o uso vídeos interativos em sala de aula.....	153
Tabela 6: Opinião dos alunos: se gostariam de continuar tendo este tipo de aulas.....	153
Tabela 7: Uma auto-análise dos alunos quanto a suas faltas e o seu aprendizado.....	154
Tabela 8: Uma auto-análise dos alunos quanto à dificuldade encontrada no estudo.....	155
Tabela 9: Comentários gerais dos alunos sobre as aulas.....	157
Tabela 10: Presença dos alunos nas aulas.....	158

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
Capítulo 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E RELAÇÃO COM A PESQUISA	19
1.1. Categoria 1: Física Ondulatória, Instrumentos Musicais e Ensino de Ciências.....	20
1.2. Categoria 2: Recursos Audiovisuais, Tecnológicos e o Ensino de Física.....	30
1.3. Categoria 3: Ensino de Ciências e Educação de Jovens e Adultos	41
1.4. Categoria 4: Outros.....	46
Capítulo 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	55
2.1 - A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.....	55
2.2 - A Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud.....	61
2.3 Considerações e relação entre as duas teorias.....	66
Capítulo 3 – METODOLOGIA	69
3.1 Características da EJA e influência nas escolhas metodológicas.....	69
3.2 Pesquisa de essência interpretativa.....	70
3.3 Recursos utilizados.....	71
3.4 Uma representação do procedimento metodológico.....	72
3.5 Aplicação do pré-teste e do pós-teste.....	75
3.6 Sobre a intervenção.....	77
3.6.1 Tópicos e Conceitos iniciais sobre a Física das Ondas.....	77
3.6.2 Frequência e qualidade das ondas sonoras.....	78
3.6.3 Equações fundamentais e relação entre grandezas.....	78
3.6.4 Interferência, ressonância e batimento.....	79
3.7 Material de apoio e questionário de opinião.....	79
3.8 Comentários finais sobre a metodologia.....	80
Capítulo 4 – O PRODUTO EDUCACIONAL	82
4.1 Descrição das aulas e material de apoio ao professor.....	83
Capítulo 5 – ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO	103
5.1 O pré-teste e o pós-teste.....	103
5.1.1 Questões discursivas.....	103
5.1.2 Questões de múltipla escolha.....	108
5.2 Aulas gravadas em áudio.....	118
5.2.1 Ondas: propriedades, conceitos iniciais e características.....	118
5.2.2 Som: suas características e relação com instrumentos musicais e aparatos...	129
5.2.2.1 Frequência.....	129
5.2.2.2 Altura e intensidade sonora.....	135
5.2.2.3 Timbre.....	138
5.2.2.4 Interferência, batimento, ressonância.....	140

5.2.2.5 Equações fundamentais da física ondulatória.....	145
5.2.3 Verificação de aprendizagem de forma oral.....	148
5.3 Materiais de apoio – Listas de exercícios.....	149
5.3.1 Lista de exercícios número 1.....	149
5.3.2 Lista de exercícios número 2.....	149
5.4 Questionário de opinião dos alunos.....	151
5.5 Dados da presença dos alunos em sala de aula.....	157
Capítulo 6 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	160
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	167
APÊNDICE A – Pré e Pós-teste.....	171
APÊNDICE B – Material de apoio: Lista de exercícios 1.....	173
APÊNDICE C – Material de apoio: Lista de exercícios 2.....	174
APÊNDICE D – Questionário de Opinião.....	175
APÊNDICE E – CD-ROM do Material de Apoio.....	176

INTRODUÇÃO

Nos primeiros anos de docência em ensino médio percebi a dificuldade que os alunos apresentavam para a compreensão de conceitos físicos, sobretudo quanto à abstração exigida por alguns destes conceitos.

Procurei trazer para as aulas materiais instrucionais que proporcionassem maior interação visual, auditiva ou que exigissem outras formas sensoriais que auxiliassem na captação de significados dos fenômenos a eles apresentados. Queria mostrar-lhes o porquê do fenômeno ocorrer daquela maneira, antes mesmo de apresentar-lhes fórmulas. Mas, estariam eles aprendendo? Estariam assimilando de maneira a aproximar o que já sabiam do que é proposto pela ciência? Estas foram considerações iniciais que me levaram a este estudo.

A investigação se passou em uma escola da rede pública de ensino do Distrito Federal, localizada na Região Administrativa do Riacho Fundo, “cidade satélite” de Brasília. A pesquisa é realizada no turno da noite nesta escola, período no qual há apenas Educação de Jovens e Adultos, segundo e terceiro seguimentos. Tais segmentos são denominações que correspondem, no ensino regular, às séries que vão da quinta (ou sexto ano) ao terceiro ano do ensino médio, ou seja, não há ensino médio regular à noite, nessa escola.

Outra característica da Educação de Jovens e Adultos, que daqui em diante chamaremos de EJA, é que, a cada semestre, o aluno pode se matricular nas disciplinas desejadas por ele, de acordo com seus pré-requisitos em disciplinas já cursadas. Cabe acrescentar que a disciplina de Física conta com 3 (três) horas/aula semanais de 45 minutos cada. Os alunos têm idades que variam de 18 a 65 anos ou mais, sendo que alguns retornam ao estudo depois de 20 anos sem frequentar escolas, formalmente matriculados.

A necessidade de procurar um caminho fundamentado em teorias da aprendizagem, no qual se pudesse ter subsídios para avaliar de maneira crítica meu próprio trabalho em sala de

aula, aliada à minha aproximação com a música, apesar de não ser músico, e a imensa curiosidade por diversos instrumentos musicais e a Física envolvida em seu funcionamento, conduziram a delimitação do tema a ser pesquisado.

As ondas, os sons estão de tal maneira presentes em nossas vidas que por vezes até deixamos de prestar a devida atenção a eles. A música, os ruídos, os alertas sonoros, todos com suas características peculiares, cada um gerando uma percepção diferente.

Neste sentido, conhecê-los melhor, especialmente suas características físicas, como e porque são produzidos; que ciência está por trás de um grande estrondo, um simples ruído, ou até mesmo sons imperceptíveis ao ser humano nos parece de grande importância.

Vale lembrar que o estudo de Física Ondulatória claramente se configura como base para estudos da Física Moderna, seja para apresentar conceitos relacionados ao espectro de ondas eletromagnéticas, das ondas de rádio para além dos raios X, seja em um tipo de abordagem na qual se discuta o Átomo de Bohr, o “colapso do átomo de hidrogênio” e quantização da energia a nível quântico; a dualidade onda-partícula; o Laser; como outros exemplos no campo da física moderna e contemporânea envolvem conceitos de física ondulatória.

Sabemos também que:

Quando uma corda vibra em vários modos diferentes ao mesmo tempo, as ondas sonoras geradas também são complexas. Cada componente harmônico da vibração original da corda contribui com a sua própria cota para a onda sonora resultante, com frequência igual a do modo correspondente e com intensidade e fase que estão relacionadas à intensidade e fase desse modo através de processos intervenientes da transformação. O resultado é uma superposição de ondas sonoras combinadas numa única onda complexa com frequência fundamental (igual à frequência fundamental do elemento vibrante) (ROEDERER, 2002).

Esta é a realidade. As ondas sonoras que ouvimos no dia-a-dia não são harmônicos simples, notas musicais uníssonas, frequências “limpas”. São complexas, compostas de vários harmônicos. Então, por que estudar, ensinar, mesmo em nível médio, sons idealizados se já

temos condições, principalmente através de nossos aparatos computacionais, de análises mais apuradas?

Além disso, outro fator determinante na escolha da pesquisa que aqui desenvolvemos é a observação de que poucos professores, principalmente os da rede pública, trabalham conteúdos de ondulatória, especialmente aqueles voltados à acústica e a instrumentos musicais que, notadamente, se caracterizam como uma das principais evidências das aplicações de conhecimentos da Física Ondulatória,

Percebemos que, quando trabalhado, este conteúdo, em geral, é tratado de maneira abstrata, longe de evidências práticas. São utilizadas, sobretudo, equações de onda, nas quais muitas vezes o aprendiz não consegue enxergar uma onda e nem tampouco associá-la ao fenômeno físico de propagação de uma perturbação no meio. Deixamos claro que não há crítica, de nossa parte, aos que utilizam equações de onda na análise destas, mas há, sim, uma constatação de que, na maioria das vezes, os alunos não compreendem bem a relação entre a equação e o fenômeno físico. Os alunos têm dificuldade em distinguir características sensoriais geradas por ondas sonoras e associá-las a conceitos físicos, identificar propriedades das ondas, relação entre frequência e comprimento de ondas.

Neste contexto, sobressai a ausência de estratégias e materiais instrucionais voltados para o ensino de conceitos de Física Ondulatória que procurem superar as dificuldades associadas ao nível de abstração próprio deste conteúdo.

A busca por estratégias que visem facilitar a compreensão do aluno sobre os fenômenos ondulatórios nos levou a utilizar aparatos tecnológicos próprios do campo musical – diapasões, afinadores, computador e softwares de gravação em estúdios musicais – por observar a presença inquestionável da tecnologia em todos os campos de saber. Como também, as facilidades que o uso de computadores nos traz: possibilita-nos a oportunidade de observar a produção de ondas em tempo real através de softwares, ou mesmo de produzir sons

com frequências específicas para análises e comparações. Com isso, acreditamos tornar menos abstrato e mais interessante o estudo de ondas.

A análise de ondas complexas como as emitidas por uma corda de violão exigiria o uso de uma matemática mais sofisticada do que a que dispomos em nível médio. Segundo Roederer (2002), chegaríamos às Análises de Fourier para o estudo de sons complexos. Acreditamos que isto não seria viável, neste nível escolar, devido à necessidade de pré-requisitos matemáticos mais elaborados. No entanto, podemos fazer uso de softwares que utilizam esta análise, porém apresentam-na de maneira gráfica, simplificada em uma onda transversal na tela de um computador. Esta é uma parte de nossa estratégia de ensino, na qual utilizamos um software que traduz sons em ondas gráficas. Visamos, com isto, aproximar o aluno da realidade, da observação do fenômeno.

Nenhum dos alunos que participaram da pesquisa sabia tinha familiaridade com um instrumento musical, o que nos reforça a idéia de que o uso de instrumentos musicais como violão, gaita, pandeiro, no papel de produtores de sons e motivadores na busca da inserção do aprendiz no campo conceitual da Física Ondulatória, podem ainda ser aliados aos aparatos tecnológicos, como microfones, captadores de som, gravador digital, computador e softwares, vídeos e Internet a fim de incentivar aulas que escapem àquelas tradicionais, sem, no entanto, deixar de considerar o valor pedagógico desse tipo de aula.

Chegamos, assim, a questionamentos que nos guiaram por nosso trabalho, pois representam nosso **problema de pesquisa** e, estabelecendo certa hierarquia nos conteúdos, enumeramos questões centrais como: quanto da Física existe num instrumento musical? Quantas e quais situações e esquemas de abordagens um professor de Física pode produzir com instrumentos musicais e aparatos tecnológicos? Ou, a utilização de instrumentos musicais aliados a aparatos tecnológicos seria uma estratégia de ensino eficaz para promover

a aprendizagem significativa de conceitos de Física Ondulatória em alunos com dificuldades nesse campo conceitual?

Para procurar respostas a estas questões e, sobretudo para formulá-las, encontramos fundamentos tanto na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, como na Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud. Enquanto a primeira nos traz esclarecimentos sobre o cerne de nosso trabalho, a aprendizagem significativa dos conceitos de Ondulatória, a segunda nos facilita a exequibilidade da pesquisa, oferecendo-nos o entendimento da importância de propor situações frutíferas ao aprendiz nos termos de Vergnaud, base sobre a qual é elaborada nossa intervenção junto aos alunos. Ambas se complementam, suprimindo, num arcabouço teórico, as nossas necessidades. Detalharemos, aprofundaremos em preceitos das duas teorias que utilizamos em nossa pesquisa em um capítulo posterior, o qual denominamos Fundamentação Teórica.

Ainda a procura de suporte teórico e acreditando em nossa **hipótese** de que o uso de instrumentos musicais pode nos auxiliar na implementação de estratégias para promover a aprendizagem significativa em tópicos de Física Ondulatória, percorremos oito periódicos nacionais e três internacionais, em período de doze anos (1998 a 2012). Encontramos um total de dezessete artigos e três dissertações relacionadas a nosso tema investigado. Os trabalhos foram separados e discutidos em quatro categorias. Isso está disposto no próximo capítulo, o da Revisão Bibliográfica.

O capítulo 3 traz a metodologia, que é essencialmente qualitativa. Neste capítulo da dissertação estão os passos que seguimos na busca de respostas para nossas questões. A elaboração das aulas, a relação entre o referencial teórico, o material instrucional utilizado, a seqüência didática escolhida, os nossos instrumentos de medida e observações, dificuldades e facilidades que encontramos durante a intervenção, a indicação dos dados que coletamos e seu

tratamento com base na fundamentação teórica. Enfim, consta todo o delineamento de nossa investigação.

No capítulo seguinte ao da metodologia está uma descrição da proposição instrucional que produzimos, voltado ao professor, para utilização em sala de aula. O material constitui-se de um CD-ROM, que tem como finalidade, não só auxiliar colegas a trabalhar com instrumentos musicais e aparatos tecnológicos, sem que tenham necessariamente habilidade em manuseá-los, como também, tornar o estudo de tópicos de Física Ondulatória mais atrativo ao aluno, buscando ser menos abstrato. Acreditamos, com isso, poder contribuir para que colegas, professores, venham a dedicar maior atenção aos conceitos relativos à Física das ondas.

No quinto capítulo há uma detalhada discussão dos dados, na qual é feita uma análise de trechos coletados por gravador de áudio, onde o professor, em interação com o aluno, procura identificar conhecimentos-em-ação, esquemas e indícios de aprendizagem significativa. Resultados de testes, questionários aplicados também são discutidos nesse capítulo.

Por fim, o capítulo da Conclusão traz, sobretudo, nossa visão sobre o aproveitamento da investigação, recomendações ao professor que decidir por aplicar nosso trabalho em sala de aula e considerações sobre a Educação de Jovens e Adultos.

Capítulo 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E RELAÇÃO COM A PESQUISA

Realizamos a revisão bibliográfica a fim de encontrar trabalhos que corroborem nossa hipótese de que instrumentos musicais podem nos auxiliar na implementação de novas estratégias para promover uma aprendizagem significativa em tópicos de Física Ondulatória e que podemos fazer uso de aparatos da tecnologia, musical e computacional, para nos auxiliar em tal tarefa. Procuramos assim, encontrar artigos publicados em periódicos, que estivessem relacionados à Física Ondulatória, à Física de instrumentos musicais, à utilização de computadores e outras tecnologias em ensino de Física, como também aqueles que estivessem relacionados à Educação de Jovens e Adultos e Física da música. Com prioridade para estes temas, selecionamos em periódicos de ensino de Ciências, nacionais em internacionais, os artigos que mais se relacionaram à nossa problemática.

Priorizamos as revistas eletrônicas nacionais, especialmente por trabalharmos com Jovens e Adultos, pois entendemos que particularidades regionais, tratadas mais a frente, deste grupo de alunos devem ser respeitadas; no entanto, consultamos algumas revistas internacionais, especialmente para conhecer o que é trabalhado fora do Brasil em termos de física dos instrumentos musicais.

A revisão foi feita num período de 10 a 12 anos (de 1998 a 2010) considerando que algumas delas já possuíam algumas publicações no ano de 2010, várias delas não. Foram 8 (oito) periódicos nacionais: Investigações em Ensino de Ciências, Ciência & Educação, Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Experiências em Ensino de Ciências, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia, Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências. As revistas internacionais foram: a Enseñanza de Las Ciencias, Research in Science

Education e Journal of Reserch in Science Teaching. Além dos artigos, encontramos três dissertações que contribuíram para nosso trabalho.

Utilizando os diversos temas, acima citados, como balizadores de nossa procura por trabalhos já publicados neste campo de estudo encontramos, por fim, um total de 17 artigos científicos e três dissertações. Estes foram catalogados de maneira a destacar as bases teórico-metodológicas deste nosso trabalho de pesquisa. Assim, chegamos às categorias:

- Física Ondulatória, Instrumentos Musicais e Ensino de Ciências (5 artigos e uma dissertação);
- Recursos Audiovisuais e Tecnológicos no Ensino de Física (5 artigos);
- Ensino de Ciências e Educação de Jovens e Adultos (4 artigos e uma dissertação);
- Outros (3 artigos e uma dissertação)

1.1 Categoria 1: Física Ondulatória, Instrumentos Musicais e Ensino de Ciências

Kandus et.al (2006) têm como objetivo aproximar a música, assim como costumes — capoeira/dança — de conceitos em Física Ondulatória. Procuram identificar conceitos físicos como ressonância, harmônicos e ondas estacionárias no instrumento musical chamado berimbau, de maior utilização nas “rodas de capoeira”. Evidenciam a relação existente entre o funcionamento do berimbau, descrito de maneira detalhada com equações, imagens e análises físicas com outros instrumentos como violão e sua a caixa ressonante.

Ao explicar sobre o funcionamento do berimbau Kandus et.al (2006) colocam:

“É formado por um galho roliço onde estica-se um arame formando um arco que tem, em uma de suas extremidades, uma cabaça. Esta cabaça faz o papel de “caixa de ressonância” para as vibrações produzidas no arame. O comportamento do arame é, assim, o mesmo de uma corda fixa nos dois extremos”.

Tal relação entre o berimbau, instrumento bastante conhecido no Brasil, e o princípio de funcionamento semelhante a de outros instrumentos de corda, fornece informações e ilustra

nosso trabalho. Pode facilitar a identificação de conhecimentos prévios dos alunos, em termos ausubelianos, quanto à vibração da corda e à amplificação de seu som, visto o fato de ser um instrumento simples, comparado a um violão ou violino.

Ainda que o trabalho de Kandus et.al (2006) não se mostre especialmente voltado ao ensino, pois não explicita um referencial teórico, em termos de ensino e de aprendizagem, ou relações cognitivas de um aprendiz, acreditamos que a utilização deste instrumento pode ser uma opção ao professor de Física que procure trabalhar com instrumentos musicais, notada a sua simplicidade. Exige, assim, uma menor habilidade por parte de seu executor.

Na análise física do instrumento e do fenômeno sonoro, Kandus et.al (2006) nos lembram que “no caso particular de uma onda acústica senoidal num gás, temos que a densidade é proporcional à pressão”. Concordamos quanto à análise do fenômeno que:

A descrição em termos da pressão é preferível à descrição em termos da densidade, já que os deslocamentos são em geral muito pequenos e difíceis de medir na prática. Por outra parte, as variações de pressão são muito mais fáceis de visualizar e de medir, além do que são elas as detectadas pelos nossos ouvidos (KANDUS et.al, 2006).

No entanto, entendemos que tal descrição, em termos de pressão, deve ser feita junto aos alunos num primeiro momento, pela maior facilidade demonstrada nos diálogos, para se perceber a variação da pressão. Utilizamos para isso o exemplo do estouro do balão, também citado neste trabalho; contudo, não deixamos de fazer uma análise do fenômeno ondulatório, sonoro, com enfoque na densidade do gás e com o auxílio de vídeos, que diminuíram a abstração exigida dos alunos para o entendimento da compressão e rarefação do gás.

O trabalho de Kandus tem especial relevância para nosso estudo, tanto em termos de aprofundamento em questões físicas relativas à interpretação dos fenômenos ondulatórios relacionados a instrumentos musicais, como no tipo de análise de funcionamento do instrumento. Tal material não é encontrado com facilidade na literatura.

Rui e Steffanni (2006) têm por objetivo em seu trabalho, facilitar o acesso a informações amplas sobre o som, a audição humana e a interdisciplinaridade que o tema pode gerar. Produziram um pôster como material de apoio ao professor e o artigo funciona como texto de apoio para tal pôster, o qual foi apresentado como recurso didático a ser utilizado em sala de aula no ensino médio e fundamental. As autoras enfatizam que o trabalho que publicaram tem aspecto informativo. Observamos que não é evidenciada uma intervenção diretamente com alunos. No entanto, tivemos acesso à dissertação de Rui (2006), a qual deu origem ao artigo publicado em uma revista periódica nacional. Nessa dissertação são relatadas experiências nas quais foi utilizado tal recurso em sala de aula e oficinas sobre a física da audição humana.

O artigo traz diversas abordagens em ciências físicas, químicas, biológicas e ainda no campo da música, o que o torna uma importante referência para nosso trabalho, já que nos propusemos a trabalhar com conceitos relativos a sons, acústica, ondas e associá-los à utilização de instrumentos musicais e recursos audiovisuais, como produtores destes sons, e caracterizá-los sob o prisma da Física.

As autoras colocam como objetivo do trabalho, especialmente em nível de ensino médio: “disponibilizar ao professor de Física um recurso didático capaz de aprofundar os conceitos de Física já estudados, relacionando-os ao funcionamento do corpo humano” (RUI e STEFANNI, 2006). Progressivamente, para atingir tal nível de aprofundamento, utilizam conceitos físicos anteriormente estudados para tratar de informações de ordem química ou biológica. Conceitos como vibração, frequência, período, velocidade, comprimento de onda, energia, pressão, ressonância aparecem no artigo, sem uma estratégia de ensino diferente para cada um deles, mas contribuindo com uma abordagem textual densa. Caracteriza a simplicidade da linguagem sem deixar de abordar os pontos importantes a serem enfatizados como no trecho:

A vibração se propaga pelo ar através das partículas que o formam, gerando zonas de maior e menor pressão, respectivamente zonas de compressão e rarefação, num movimento de vaivém, pois o meio é elástico. Logo, as partículas do meio não se transmitem junto com o som pelo ambiente, o que se propaga é a energia de vibração que deu origem ao som (RUI e STEFFANI, 2006).

“Pode ser fácil apresentar este tema aos alunos de forma a levar em conta os seus conhecimentos prévios, tornando-os mais significativos, e, até mesmo, valorizando suas vivências musicais” (RUI e STEFFANI, 2006). Esta idéia vem ao encontro de nosso trabalho, em um primeiro momento, por acreditarmos ser de extrema relevância valorizar as vivências musicais dos alunos, aproveitando seu conhecimento prévio, seja quanto à música ou conceitos sobre ondulatória. Rui e Steffanni (2006) falam sobre a necessidade e a importância da produção de um *material potencialmente significativo*, para que seja desenvolvido o tema som, junto aos alunos. Sobretudo o fato do trabalho das autoras estar fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, também nos aproxima deste artigo como uma referência a nos dar suporte, remetendo à idéias e conceitos essenciais da TAS: valorização de conhecimentos prévios, materiais potencialmente significativos, aprendizagem significativa.

Na referida dissertação, é feita uma pesquisa junto a alunos da 8ª série do ensino fundamental de uma escola particular no Rio Grande de Sul, o que se afasta um pouco de nossa realidade de escola pública, de turno noturno e de idades mais avançadas dos alunos. No entanto, traz abordagens metodológicas diferentes para conceitos de ondulatória, já que procuram sob a teoria ausubeliana uma aprendizagem significativa destes conceitos.

Duas abordagens nos chamam especial atenção:

Uma delas foi a atividade na qual a professora utilizou o recurso de novas tecnologias. Fez uso de um software de produção de sons chamado “Construindo sons” de livre acesso na internet, segundo Rui (2006). “Por ser um recurso de simulação audiovisual (que permite “ver” características da onda e escutar o seu som) torna fácil entender os “efeitos” das

mudanças da amplitude e da frequência no som” (RUI, 2006). Houve a condição de solicitar aos alunos que utilizassem o programa livremente em suas casas, o que certamente contribuiu para o aprendizado.

Foi utilizado, também, outro software chamado *Spectrogram*, que se trata de um recurso audiovisual para análise de espectros sonoros, explicado da seguinte forma:

Esses espectros sonoros, captados com o auxílio de um microfone, determinam a frequência predominante no som produzido ou ruído ambiental. Usamos esse recurso para análise do espectro sonoro das barras de alumínio, exercitando o cálculo da velocidade de propagação do som na mesma. (RUI, 2006)

Observamos nestas duas atividades utilizadas por Rui (2006), que estratégias antes de difícil construção experimental, hoje são facilitadas através do uso de “novas” tecnologias. Este último aparato experimental para produção de ondas estacionárias, por exemplo, seria montado necessitando, para isso, de potenciômetros e um circuito eletrônico para efetuar a variação para as frequências desejadas. No entanto, o uso de computadores e aparatos tecnológicos facilitam, como ferramentas, o acesso a experimentos de fenômenos físicos e interpretações realistas destes.

Outra atividade que nos chamou a atenção foi a utilização de diversos instrumentos musicais e, segundo Rui (2006), a atividade se destacou das demais, pois “ a aula contou com a participação efetiva de alguns alunos através de sua vivência musical. Essa situação de sala de aula é extremamente favorável, pois relaciona a Física com uma atividade extra-escolar do estudante”. Segundo ela, os instrumentos

proporcionaram, mais uma vez, exercitar os conceitos já explorados em aulas anteriores como: sons agudos e graves (frequência), sons fortes e fracos (intensidade ou “volume”), além de explorar o conceito de timbre e o fato da percepção dos sons variar de pessoa para pessoa (RUI, 2006)

Goto (2009) analisa as condições físicas e matemáticas da consonância das ondas sonoras, inclui dissonâncias, ressonância e casos mais particulares como batimento. Mesmo levando em consideração que a “consonância e a dissonância sejam percepções com muita subjetividade, podendo variar entre indivíduos ou culturas, o autor sugere que existam relações matemáticas exatas e fundamentais, que caracterizam a consonância. Goto (2009) nos lembra que este fato é possível devido ao som ser “uma manifestação física que pode ser descrita, tanto na produção como na propagação, através de leis físicas e equações matemáticas”.

O autor nos traz argumentos relevantes para ratificarmos a escolha do fenômeno batimento em detrimento de outros, já que não se dispõe de tempo indefinido para o trabalho em sala de aula. No trabalho, ele propõe uma relação de consonância e condições para que ela ocorra. Entendemos que não cabe descrever todas as condições para ocorrer a consonância, já que não é esse o fenômeno de interesse principal para nosso estudo em sala de aula, mas sim justificar a escolha do fenômeno de batimento. Considerar uma música harmoniosa como aquela que satisfaz as condições de consonância por hora nos basta. Assim, citamos o trecho do artigo:

“A consonância é independente de fases e amplitudes relativas assim como das componentes harmônicas (por exemplo, a altura e o timbre), e a relação de consonância proposta satisfaz a estas condições, dependendo apenas das frequências fundamentais das ondas primárias. Sob estas condições, a onda resultante mantém a estrutura harmônica, **tendo a frequência de batimento como a fundamental**, embora a mesma não esteja presente, o que a diferencia das ondas primárias. Quando a frequência de batimento é próxima ao limiar da audição, o efeito de modulação da amplitude torna-se mais importante, quebrando a percepção de consonância, mesmo que a condição física de consonância esteja satisfeita. Para ondas primárias com frequências muito próximas, o efeito de batimento é suave e praticamente imperceptível. A aplicação mais importante da consonância é na música, onde percebe-se que os intervalos entre as notas estruturadas numa escala musical são otimizadas para que satisfaçam mutuamente a condição de consonância” (GOTO, 2009, grifos e parênteses nossos)

Ainda nos referimos ao trabalho de Goto (2009) para salientar que, mesmo com a importante utilização de equações matemáticas para defender os argumentos apresentados acima, consideramos não ser pertinente, aqui, o uso desta matematização, relativamente complicada, do fenômeno de batimento ou de consonância sonora, em nível médio junto aos alunos.

Vale lembrar que o trabalho de Goto (2009), apesar de muito contribuir ao nosso, trazendo-nos informações físicas difíceis de serem encontradas na literatura, não foi aplicado a uma situação de ensino e de aprendizagem. Assim, nos cabe selecionar com sensatez as informações relevantes a nossos alunos de ensino médio e EJA como, por exemplo, o estudo das escalas musicais, a frequência relativa a cada nota musical e os gráficos de combinações em notas consonantes.

Borges e Rodrigues (2005) examinam experiências de aprendizagem de um grupo de 9 alunos do 1º e do 2º ano do ensino médio em um curso, com extensão seis horas, sobre a Física do Som em um ambiente que denominaram de “aprendizagem rica em representações e centrado em computador”. Esses autores utilizam os termos situações-problema, conceitualização, e reforçam, num tópico a parte, a importância do aproveitamento do conhecimento prévio trazido pelos alunos. Inferimos a partir desses termos uma semelhança com o nosso referencial teórico já que remetem, ainda que não explicitamente, a termos importantes de nosso referencial. Além disso, o procedimento para criar situações diferenciadas nas quais os alunos eram questionados e colocados a explicitar seu entendimento dos problemas, sugerem também semelhanças teórico-metodológicas importantes.

No procedimento adotado, os estudantes foram divididos em três grupos e estudaram o texto do curso em seu próprio ritmo. Ao longo do estudo os grupos resolviam exercícios de fixação e respondiam a questões abertas. Algumas questões desafiavam os grupos a

planejarem atividades de investigação para resolver problemas conceituais. Contudo, um procedimento, em especial, nos chama a atenção: o uso do computador para análise das ondas sonoras através de um software. Utilizaram um instrumento musical de apenas uma corda o qual chamaram “monocórdio¹” para produzir sons e inseri-los no computador e no software para que fossem feitas análises comparativas gráficas.

Borges e Rodrigues (2005) tomaram seus dados através de gravações em vídeo das sessões dos grupos no ambiente de aprendizagem e de testes de conhecimento específico, aplicados antes e depois do curso. As análises são prioritariamente qualitativas e consideram que os resultados indicam melhoria no desempenho dos alunos no pós-teste comparado com o pré-teste e na compreensão dos tópicos abordados no curso. Ademais, os autores nos trazem importantes observações feitas durante a intervenção junto aos alunos, muitas das quais se repetem ao abordarmos conceitos e situações-problema do campo conceitual da física ondulatória, junto a nossos alunos da EJA.

“Formas particulares de representação tendem a enfatizar qualidades particulares e a privilegiar certas modalidades sensoriais. Como resultado, a variedade de significados que podem ser expressos através de uma forma de representação é limitada. É muito difícil expressar toda a riqueza de detalhes de uma experiência visual, olfativa ou sonora através de proposições faladas ou escritas”. (BORGES e RODRIGUES, 2005).

Concordamos com Borges e Rodrigues (2005). Em nosso trabalho apresentamos vídeos, imagens, análises gráficas, diferenciações entre diversos sons produzidos por vários instrumentos musicais, o que pode gerar diferentes percepções; contudo, todas as situações com as quais os alunos são defrontados visam aproximar o conhecimento já trazido pelo aluno do conhecimento cientificamente aceito.

¹ “Consta que Pitágoras dedicou muito de seu tempo ao estudo dos intervalos musicais em um instrumento chamado monocórdio, que consiste apenas em uma corda sonora, presa em suas duas extremidades, e um dispositivo móvel, que permite que se faça vibrar apenas uma fração da corda”(JOHNSTON, 1989, apud BLEICHER. *et.al*, 2002)

Ao apresentar o procedimento e o objetivo do curso, Borges e Rodrigues (2005) enfatizam que pretendiam que a experiência fosse “não-mediada pelo sistema conceitual acerca dos fenômenos e conceitos que o texto utilizado apresentava”; utilizaram um texto base no início do curso. “Tínhamos em mente o fato de que os alunos pudessem repetir e memorizar com facilidade aquilo que o livro ou professor ensina, sem saber reconhecer o conceito ou o fenômeno na realidade”. Objetivo esse que se aproxima do nosso em se tratando do enfoque numa análise menos abstrata e mais realista dos fenômenos físicos.

Destacam ainda sobre os alunos, os quais têm faixa etária diferentes dos nossos, mas com alguns comportamentos e características semelhantes: “eles freqüentemente têm dificuldades em explicitar suas conceitualizações, por não disporem de vocabulário apropriado”. O que consideramos esperado, já que mesmo trazendo conhecimentos prévios ainda não estão inseridos no campo conceitual da física ondulatória.

Assim como no artigo no qual é feita uma análise dos instrumentos de execução mais simples, o berimbau, Donoso et.al (2008) fazem uma apurada descrição geral da física do violino, no qual analisam “os conceitos que lhes dão sustentação física e que revelam toda a riqueza e o potencial pedagógico do assunto”. Cada uma das componentes do instrumento é descrita com a utilização de imagens equações e análises qualitativas, o que, mais uma vez, nos auxilia especialmente na produção de nosso material a ser aplicado em sala.

Donoso et.al. (2008) contribuem com um histórico do violino incluindo físicos, como Helmholtz² e Savart³ que fizeram “esforço para descrever a vibração produzida pelo arco

² “O tratado mais importante sobre a relação entre a Música e a Física foi escrito no século XIX, por Hermann Helmholtz. Tendo estudado ele também Medicina, seu livro *Die Lehre von den Tonempfindungen* não apenas trata da natureza física da consonância e dissonância dos sons, mas também da forma como o ouvido humano analisa essas particularidades” (HELMHOLTZ, H. (1954). *On the Sensations of Tone*. Dover Publications, Inc. em BLEICHER, L. *et.al*, 2002)

³Felix Savart foi médico e físico francês conhecido pelo seu trabalho em conjunto com Jean Biot, que resultou na criação da lei de Biot e Savart, a lei que descreve a origem do campo indução magnética estático. Apesar de este ser o seu feito mais famoso, a maior parte do seu trabalho foi dedicado à acústica. Estudou a acústica do ar, da voz humana, do canto das aves, de sólidos em vibração e das ondas sonoras em líquidos em movimento.

nas cordas, e por compreender as propriedades acústicas do instrumento”. Propriedades estas que nos auxiliaram mais em nosso material de trabalho, onde acrescentamos imagens do corpo de violinos a fim de discutir, junto aos alunos, a função e as características vibratórias da caixa de ressonância.

Não fizemos uso de todos os pontos abordados por Donoso et.al.(2008) que passam pela luteria⁴ do instrumento, a análise microscópica das cordas e crina do arco, a força estática, tensão e elasticidade das cordas, modos de vibração dos tampos e do corpo, o movimento ondulatório da corda, características do som do violino e medição de frequências; como colocam que “a análise espectral do som do violino ao se tocar a corda Sol, por exemplo, revela a presença de cerca de 15 harmônicos intensos. Sons com muitos harmônicos soam cheios de musicalidade mais ricos”. No violino, “estes harmônicos são afetados pelas respostas acústicas do cavalete e do corpo do instrumento”; “o cavalete possui dois modos normais de vibração, ou ressonâncias, em 3000 Hz e 4500 Hz. Elas reforçam as componentes do som com frequências nessas regiões”. Principalmente a estas questões e estudos apresentados sobre ressonância é que nos atemos neste trabalho de referência.

Alguns comentários de aprofundamento sobre características físicas e acústicas do violino são acrescentadas, também, no material de apoio ao professor com base nesta referência.

Ademais, os autores defendem a utilização do conhecimento aqui trabalhado como motivador para diferentes abordagens didáticas:

O elo entre a física e a música constitui um importante fator motivador para o aprendizado, pois estimula os estudantes a encararem a Física através de uma visão mais ampla e interdisciplinar. Acreditamos também que o ensino da Física dos instrumentos musicais em cursos de formação de professores de Ensino Médio contribuiria para

Inventou o ressonador de Savart para medição de vibrações sonoras e o quartzo de Savart para estudar a polarização da luz. Produziu também nesta área uma primeira explicação para o funcionamento do violino, fazendo uso do seu ressonador. (<http://www.colegioweb.com.br/biografias/felix-savart> em 25/03/2010)

⁴ O termo **luteria** designa a arte da construção de instrumentos. Segundo Antônio Houaiss, o termo chegou à língua portuguesa por meio da palavra francesa *luthier* (fabricante de instrumentos de corda). (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Luthieria> em 25/03/2010)

abordagens didáticas mais ricas e abrangentes. A aproximação entre ciência e arte presente neste artigo oferece uma experiência desafiadora e possibilitam uma discussão estimulante para estudantes e professores (DONADO et.al. 2008).

Entre os artigos encontrados, tendo como tema central a Física Ondulatória, a Física dos instrumentos musicais, acústica, encontramos poucos trabalhos que tivessem uma fundamentação teórica em teorias de ensino e de aprendizagem. Em maioria, os trabalhos publicados em periódicos, tanto nacionais quanto internacionais, trazem um aprofundamento na Física dos instrumentos musicais ou tópicos da Física Ondulatória. Isso fez com que descartássemos alguns dos artigos, por serem essencialmente técnicos e não levarem em consideração questões educacionais.

O trabalho de mestrado de Rui (2006) é, notadamente, o que mais contribui para o nosso, em termos de estratégias de ensino, com a experiência didático-pedagógica junto a alunos de 8ª série. Apesar de não apresentar uma revisão bibliográfica, talvez por existirem poucos trabalhos nesta área, e não deixar evidente seu referencial teórico (nele inferimos traços da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel) nos deixa uma boa indicação de que poderíamos ter evidências consistentes de aprendizagem significativa trabalhando com instrumentos musicais e aparatos computacionais.

1.2 Categoria 2 – Recursos Audiovisuais, Tecnológicos e o Ensino de Física

Agrupados nesta categoria, os artigos nos dão referências do que já foi estudado quanto a recursos de vídeos, sons, imagens, multimídia, e sua utilização no ensino de Ciências. Estes recursos trazem a possibilidade de um trabalho de investigação específico e aprofundado para cada um deles, especialmente no campo da comunicação de uma mensagem pretendida. Contudo, estamos interessados no seu uso como estratégia de ensino. Alguns dos trabalhos

não explicitam este enfoque, o que de maneira alguma exclui a importância de se conhecer o potencial de comunicabilidade de cada recurso. Assim, selecionamos pesquisas que abordassem as vantagens e os cuidados que um professor deveria ter ao utilizar tais recursos.

O mesmo vale para os aparatos tecnológicos, os quais, em grande maioria, são utilizados como ferramentas para se apresentar áudio e vídeo, ou para analisá-los, como no caso da utilização de softwares produtores e reprodutores de sons, imagens e sua análise gráfica, matemática.

A escolha por um recurso de vídeo, e/ou de som a ser apresentado ao aluno, deve passar por uma seleção criteriosa do professor, ao passo que é preciso levar em consideração o conhecimento prévio do aluno, assim como a mensagem científica que se pretende apresentar a ele. Neste sentido, Rosa (2000) diz que:

Todo filme, slide, transparência, programa multimídia, etc. traz embutido, dentro de si, um processo de codificação definido pelo(s) autor(es) do produto audiovisual. Um filme, como um livro, deve passar por um processo de decodificação por parte de quem o vê. Esse processo deve ser apreendido tanto no que diz respeito às ações mecânicas necessárias para a sua compreensão (coordenação visual, p. ex.) como no que diz respeito à matriz cultural, em função da qual o produto existe e deve ser interpretado (ROSA, 2000).

Rosa (2000) enfatiza que “esse processo de decodificação precisa ser trabalhado pelos professores desde muito cedo”. Em um exemplo simples, coloca que “um erro que se comete nas escolas é o de achar que, por estarem acostumados a ver televisão, os estudantes já sejam capazes de olhar um filme de Ciências e, a partir dele, compreenderem o evento científico mostrado”.

Observando em que pontos o professor deve ter atenção na representação que os alunos fazem de recursos audiovisuais, Rosa (2000) destaca:

- “O vídeo, o slide, a transparência e as figuras em geral, são representações bidimensionais de um mundo tridimensional.

- O professor deve ter em mente qual é a matriz cultural a partir da qual foi construída a obra que vai ser exibida, qual é a sua própria matriz cultural e o modo como estas duas matrizes se relacionam”. (ROSA, 2000)

Assim como questionamentos que devem ser feitos pelo professor que irá escolher os recursos:

- Qual a linguagem da obra?
- O nível em que as idéias são colocadas é adequado àquele grupo de sujeitos?
- Os exemplos apresentados são realmente significativos para aquele grupo de usuários?

Reiteramos seu questionamento de “até que ponto, quando pensamos o Ensino de Ciências, o uso de um audiovisual vale mais que o conteúdo transmitido por ele? Ou o meio (audiovisual) é a mensagem?” (ROSA, 2000).

Um filme, um slide ou um recurso multimídia não podem ser vistos como uma fonte única de conhecimento científico. Ciência é feita, antes de tudo, com o trabalho reflexivo sobre o material proveniente de inúmeras fontes e articulado pelos mecanismos de organização conceitual presentes na mente do aprendiz (ROSA, 2000).

Acrescentamos a esta idéia nossa fundamentação em Vergnaud que nos traz do conceito de *conceito* proposto por ele e a necessidade de diversificação das situações-problema para construção de um conceito. E ainda, as imagens apresentadas em um vídeo devem fazer sentido ao aluno, o que só irá ocorrer caso haja uma ancoragem das idéias apresentadas nos vídeos nos subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aluno.

Sugerindo que, se estes pontos forem observados no uso de recursos audiovisuais, o resultado, em termos de aprendizagem, seria melhor, Rosa observa as seguintes características deste uso:

- “Motivação”: para ele, a quebra do ritmo rotineiro da sala de aula e o apelo emocional de um filme ou programa multimídia motivam o aluno. Em nosso trabalho acreditamos serem fatores de motivação ao estudo dos tópicos da

Física Ondulatória o uso dos vídeos e até do próprio computador com data show e recursos multimídia, como também os instrumentos musicais.

- “Demonstração: Há certos efeitos que são melhor observados, ou somente podem, se filmados”. Optamos por este recurso de filmagem, por exemplo, para demonstrar a vibração ressonante de duas cordas do violão num procedimento de afinação do instrumento.
- Organizador prévio: Lembra que “na teoria de Ausubel para que haja uma assimilação significativa do novo conteúdo, é necessário que exista na estrutura cognitiva um ou mais conceitos aos quais o novo conceito se ligue de forma significativa, os subsunçores. Quando este(s) conceito(s) não existe(m), uma alternativa é usar um material instrucional que estabeleça essa *ponte conceitual* entre o novo conceito e a estrutura cognitiva, chamado de organizador prévio”. (AUSUBEL, 1969; MOREIRA, 1983 em ROSA, 2000).
- Instrumento para a *Diferenciação Progressiva* : “Na teoria de Ausubel, provocar a *Diferenciação Progressiva* de um conceito consiste em apresentar as diferentes instâncias de um conceito complexo”.
- Instrumento de apoio à exposição do professor: Neste caso, os instrumentos audiovisuais exercem um papel de apoio à dissertação do professor mostrando particularidades dos assuntos sobre os quais ele discorre.

Araujo e Veit (2004) apresentam os resultados de uma revisão da literatura referente ao uso de tecnologias computacionais no Ensino de Física em nível médio e universitário. Classificam os artigos em termos das modalidades de uso do computador e dos tópicos de Física abrangidos. Revisaram 109 artigos, sendo que, oito destes, na forma de discussões e/ou revisões da literatura. Enfatizam a constatação de que somente a metade desses artigos

poderia ser classificada como de pesquisa em Ensino de Física e houve uma predileção para trabalhos em mecânica newtoniana.

Esses autores também citam Rosa (1995) e sua uma revisão da literatura realizada entre 1979 e 1992 sobre as potencialidades do uso de computadores no ensino de Física e as formas em que eles vinham sendo usados. Sob o ponto de vista pedagógico, Rosa (1995 apud ARAÚJO e VEIT, 2004) concluiu que “nos artigos pesquisados não existe uma preocupação efetiva com o embasamento teórico em teorias de aprendizagem. O computador foi utilizado indiscriminadamente, sem que houvesse uma maior avaliação dos resultados, no sentido de fornecer subsídios que respaldem a inserção desta nova tecnologia como ferramenta didática nas escolas”.

Compartilhando este ponto de vista, deixamos de apresentar aqui alguns dos artigos encontrados em nossa revisão bibliográfica.

Até o ano de publicação deste artigo de Araújo e Veit (2004), o quadro não parece muito diferente, pois concluíram que:

O desenvolvimento instrucional deve estar acoplado à pesquisa em ensino ou, pelo menos, levar em conta o conhecimento produzido pela pesquisa em ensino e os enfoques teóricos sobre aprendizagem compartilhados pela comunidade de educadores e pesquisadores em Ensino de Física. Usar tecnologias computacionais no Ensino de Física sem, pelo menos, um referencial teórico sobre aprendizagem, sem, no mínimo, uma concepção teórica sobre como o sujeito aprende, pode ser um erro igual ao já cometido com os equipamentos, livros, vídeos e outros recursos instrucionais. (ARAÚJO e VEIT, 2004)

Contudo, os autores Fiolhais & Trindade (2003, apud ARAÚJO e VEIT, 2004) identificam em seu trabalho três períodos distintos nos quais a aplicação da informática na escola buscou acompanhar a evolução das teorias de aprendizagem. Vamos nos deter no terceiro deles, após passar pelo comportamentalismo e cognitivismo. Destacando características do uso de recursos computacionais, onde colocam que o terceiro período,

no qual vivemos hoje, baseia-se na postura construtivista onde se assume que cada aluno constrói sua visão de mundo de acordo com suas próprias experiências individuais. Também é característica deste período a promoção da capacidade de prever qualitativamente a evolução dos fenômenos como um fator mais importante do que a manipulação de fórmulas ou outras ferramentas formais. Os autores apontam as seguintes implicações do construtivismo na concepção de ambientes de ensino (JONASSEN, em FIOLEAIS & TRINDADE, *ibid.*): *propiciar múltiplas representações da realidade; apresentar tarefas contextualizadas; propiciar a análise de situações em ambientes reais de aprendizagem, em vez de seqüências esquemáticas.* (FIOLEAIS & TRINDADE, 2003, grifos nossos)

O trabalho de Medeiros & Medeiros (2002 apud ARAUJO e VEIT, 2004) busca também avaliar a real importância das animações e simulações no ensino de Física. Eles confrontam argumentos de quem defende, e de quem não defende o uso destes recursos. Chama nossa atenção o trecho no qual enfatizam que não só as simulações necessitam de esclarecimentos aos alunos, por parte do professor, sobre o contexto do recurso computacional a ser utilizado, mas, também os vídeos, os softwares quanto a transformação do fenômeno físico e a representação deste nos programas computacionais. Por exemplo, consideramos de extrema importância o esclarecimento de que as ondas sonoras não se apresentam na realidade, na natureza, na forma bidimensional e transversal como é vista no computador. Este nosso comentário foi estimulado pela seguinte idéia de Medeiros & Medeiros (2002):

A perda da noção da complexidade de um sistema real é apresentada como um dos riscos da utilização acrítica das simulações. Este risco é agravado na medida que o contexto de validade dos modelos não é discutido com os alunos e estes tendem a negligenciar as simplificações adotadas, acreditando que a simulação seja um espelho da realidade. (MEDEIROS & MEDEIROS, 2002, apud ARAUJO e VEIT, 2004)

Da revisão de literatura e, principalmente da classificação que Araújo e Veit (2004) fizeram quanto aos diferentes modos de aplicação do computador no ensino de Física, inferimos se, caso nosso trabalho fosse incluso nestas categorias, ele se aproximaria da

classificação chamada de Recursos Multimídia já que, segundo os autores, esta “inclui uma grande variedade de elementos, como textos, sons, imagens, animações, vídeos e simulações, onde “a idéia é organizar estes elementos em módulos, de modo a fornecer contextos didáticos sobre o tópico em estudo. [...] Também foram incluídos nesta categoria *softwares* para a construção de materiais didáticos multimídia” (ARAÚJO e VEIT, 2004). Vale observar que nesta categoria, na qual os artigos, além de serem classificados pelo tipo de uso do computador, eram também por conteúdo de Física abordado.

O único artigo incluído na revisão do conteúdo de ondas sonoras estava na classificação “resolução algébrica/numérica e visualização de soluções matemáticas”. Categoria esta voltada ao uso de softwares matemáticos para soluções numéricas, algébricas, de problemas ondulatórios. Foi o artigo de Bleicher *et al.*(2002). Esses autores apresentam uma tabela, na qual separa-se a quantidade de artigos em áreas de estudo da Física: Mecânica, Termodinâmica, Óptica, Eletromagnetismo, Física Moderna e área não definida. Ainda que a Física Ondulatória faça parte da mecânica, os livros didáticos, em grande maioria, apresentam o conteúdo de ondas, no segundo ano, separado do conteúdo de mecânica dado no primeiro ano do ensino médio. O fato de não serem encontrados muitos artigos (um único citado acima) a ponto de não exigir dos autores a inclusão de uma categoria para Física Ondulatória dentre as outras citadas, com efeito, reforça nossa observação de que o estudo da Física das Ondas é deixado ao segundo plano no ensino médio, assim como nas pesquisas em ensino de Física.

Sem sair do campo audiovisual, Rohling, et.al. (2002), num trabalho sobre produção de pequenos filmes didáticos, ressaltam que tal produção não é uma tarefa trivial e que

programas que usam filmes ou documentários, possuem uma mesma linha diretiva: eles procuram ser auto-suficientes, ou seja, procuram “passar o recado ou ponto” mesmo na ausência do professor. São filmes de média ou longa metragem, baseados numa longa seqüência, buscando abarcar todos os conteúdos de física (ROHLING et.al 2002).

Este trabalho nos traz auxílio para a elaboração do nosso material de apoio ao professor, onde acrescentamos pequenos vídeos. Temos como um de nossos objetivos auxiliar o professor com imagens e pequenos vídeos que tragam a execução de instrumentos musicais para que se possa desenvolver conceitos relativos à Física Ondulatória. Assim, nossos vídeos de curta duração não são auto-suficientes em termos didáticos, mas sim, necessitam do intermédio do professor para conduzir o aluno às análises mais criteriosas, permitindo observar a Física presente nos instrumentos musicais.

O roteiro apresentado por Rohling, et.al. (2002) nos auxilia no momento do planejamento e execução das filmagens e editoração das imagens e sons, os quais necessitam cuidado especial, embora sejam simples. Frisam a atenção e a cautela que se deve ter para a definição do tema, a confecção do roteiro, a escolha das imagens, a captura dos vídeos, a contagem do tempo e sincronia com a imagem, a elaboração de uma boa e atraente abertura, os equipamentos a serem utilizados e algumas minúcias técnicas como extensões de arquivos a serem usadas e principais programas a serem utilizados.

Procuramos fazer uso deste conhecimento apresentado pelos autores em nosso trabalho audiovisual. Mesmo que alguns dos equipamentos apresentados na pesquisa de Rohling, et.al. (2002) estejam desatualizados por serem informatizados, os quais, notadamente, num curto período de tempo são renovados, o artigo traz importantes contribuições para quem pretende produzir pequenos filmes didáticos. Os programas computacionais para editoração e manipulação de imagens e sons citados no artigo estão quase obsoletos, se comparados aos que encontramos hoje; contudo, os procedimentos e passos adotados para a produção de tais filmes, nos parece, não serem diferentes hoje. A construção de pequenos vídeos é um recurso potencialmente realizável e utilizável em sala devido às facilidades trazidas por softwares gratuitos encontrados na Internet e câmeras digitais (não utilizadas ainda à época deste artigo) de boa qualidade de imagem, que facilitam

a manipulação das imagens e do som. Sobretudo, acreditamos que estes pequenos vídeos podem auxiliar o professor e os alunos na visualização de fenômenos que precisam ser observados repetidas vezes, com pausas, com velocidade diminuída ou que sejam de difícil execução em sala de aula.

O trabalho de Bleicher. *et.al.*(2002) passa pelo uso da computação como ferramenta auxiliar no ensino de Física, uma vez que utilizam um software de computação simbólica chamado *Mathematica* e, através de recursos de programação analítica e multimídia, observam fenômenos de Física Ondulatória como batimento, por exemplo. Nas palavras de Bleicher et.al (2002) verificam “relações de frequência numa escala musical e o efeito do batimento através da análise matemática e reprodução sonora via computador”. Defendem a possibilidade de aprendizado autônomo através do uso do programa; no entanto, também não evidenciam um referencial teórico, em se tratando de ensino e aprendizagem.

Segundo os autores, o programa computacional lhes dá a possibilidade de reprodução de sons de frequências específicas. É um trabalho mais voltado à modelagem de ondas sonoras, já que são necessários comandos de programação simbólica e uso da equação de onda, com seus parâmetros iniciais.

Bleicher et.al (2002) apresentam também a modelagem feita sobre efeitos de distorção do som produzido por equipamentos eletrônicos. Tais efeitos levam o nome de *trêmulo*, *phaser*, e *auto-wah*. Os três produzem diferentes variações em características da onda sonora, como numa diferenciação periódica da amplitude da onda; outro, produz uma sobreposição de ondas com diferentes fases; no terceiro, é produzida uma variação de maneira em que há uma oscilação periódica entre sons graves e agudos. A modelagem é apresentada como uma sobreposição de equações-de-onda, as quais geram um efeito semelhante ao do equipamento eletrônico, comumente chamado de pedal de distorção.

Um instrumento musical é utilizado para que seja feita uma modelagem do som produzido por ele. Quanto ao procedimento utilizado neste ponto da pesquisa explicam:

Sabe-se que as notas produzidas via instrumentos musicais são geralmente compostas por frequências fundamentais e seus harmônicos associados. A relação entre os harmônicos constitui um dos fatores que contribuem para a definição do timbre de um instrumento musical. Para fins experimentais, a tabela 1 (é apresentada uma tabela com valores de amplitude, frequência, fase e amplitude normalizada) ilustra uma configuração de harmônicos que foi gerada pela excitação da corda de uma guitarra Yamaha Eterna EG-303 (modelo do instrumento). Estes dados numéricos foram obtidos através da aplicação de uma transformada rápida de Fourier na onda produzida pela guitarra e simultaneamente registrada por um osciloscópio (BLEICHER et.al 2002).

Segundo Bleicher *et.al.* (2002) o trabalho “apresenta exemplos educativos de utilização dos recursos de geração de som disponíveis no software *Mathematica* e sua aplicação no ensino de Física”. Contudo, não há um direcionamento na utilização dos recursos para uma classe de alunos, seja de ensino médio ou superior.

Ainda assim, considerando que os recursos computacionais em 2002 não eram de fácil acesso e de simples manuseio como são hoje; encontramos uma boa referência neste artigo, visto a utilização de um instrumento musical e representação visual (mesmo num osciloscópio) desta onda. Também consideramos importante a representação matemática exigida para a modelagem; no entanto não achamos cabível na aplicação de nosso trabalho, por buscarmos, também, uma menor matematização da física das ondas.

O programa que utilizamos em uma parte do trabalho, o Audacity, possui recursos para produzir as distorções sonoras estudadas por Bleicher et.al (2002), como o trêmulo, *phaser* e uma grande diversidade de outros recursos e de maneira bastante simples, assim como há facilidade em se produzir ondas em frequências específicas e a combinação entre elas. Porém, não seria um bom software se o foco fosse a modelagem, já que não facilita a inclusão de equações matemáticas extensas.

Não encontramos na literatura nacional um trabalho no qual os autores tivessem utilizado o Audacity como ferramenta para análise e produção de sons. O único encontrado foi publicado na *Computer applications in engineering education*, disponível no *Journal of Research in Science Teaching*, Wiley InterScience. É um trabalho de professores de Física de uma universidade em Barcelona, Espanha, de um curso de engenharia. Utilizaram o Audacity e sua potencialidade e simplicidade em processar áudios. Pejuan e Novell (2007) definem o Audacity como “uma ferramenta que proporciona o ‘ouça-e-veja’ no ensino da acústica básica, combinando som e imagem”.

Destacam ainda que “trabalhos desenvolvidos como experiências de laboratório com PC têm sido implementadas com sucesso, por exemplo, sobre a dependência do timbre e do espectro acústico, do comprimento de onda e da frequência, da intensidade e amplitude” (PEJUAN e NOVELL, 2007). Nessa linha, seu objetivo é mostrar que esta ferramenta, processador de áudio, é um recurso multimídia importante no ensino de acústica, já que possibilita que o aluno interaja em laboratório com as atividades de Física Ondulatória propostas. De acordo com os autores, multimídia pode ser definida como “uma modalidade de comunicação ou de interação multisensorial (no caso, interação visual e auditiva)”.

Segundo Novell (2004, apud PERUAN e NOVELL (2007) “as ferramentas do tipo ‘ouvir-e-ver’ são mais um meio de incorporar informação tecnológica ao ensino de ciências em uma perspectiva construtivista”. Ainda segundo esta autora, “isto está baseado no fato de que concepções de ensino relacionadas a fenômenos sensoriais são mais efetivas, numa perspectiva construtivista, quando o aprendiz é colocado a experimentar com seus próprios sentidos”.

Assim, destacam que, em Acústica, muitos fenômenos são percebidos pela audição, ao passo que a visualização envolve gráficos e textos. Neste sentido, Peruan e Novell (2007)

defendem que “o uso de ferramentas de aprendizagem é bem-vindo se ela traz a possibilidade de trabalho com ambos os sentidos e ainda é de fácil implementação”.

A experiência descrita por Peruan e Novell (2007) foi desenvolvida junto a alunos universitários, nela, cada aluno interagiu com as atividades propostas individualmente em um computador. Utilizaram o software Audacity para trabalhar conceitos como timbre, forma das ondas, espectro acústico, definição de decibel, comprimento de onda e frequência fundamental.

Não fizeram uso de instrumentos musicais. Contudo, em um momento, ao trabalhar comprimento de onda e frequência, usaram uma gravação do som de um saxofone, incluindo os mais graves e mais agudos produzidos pelo instrumento. A finalidade era a de que o aluno identificasse a forma das ondas através do software.

Ainda que, também, não seja explicitado um referencial teórico, pois fazem referência apenas à perspectiva construtivista de ensino e aprendizagem, de maneira geral, o trabalho de Peruan e Novell (2007) foi desenvolvido junto a estudantes e, mesmo sendo universitários, consideramos que na categoria de recursos audiovisuais e aparatos tecnológicos este é o trabalho com o qual mais nos identificamos. Na proposta de ensino, os autores procuram uma aproximação realística entre os conceitos físicos apresentados aos alunos e a observação dos fenômenos através de ferramentas de aprendizagem como vídeos, imagens e áudios, mas especialmente o *software* processador de áudio.

1.3 Categoria 3 - Ensino de Ciências e Educação de Jovens e Adultos

Dedicamos uma categoria à Educação de Jovens e Adultos devido ao fato de que esta classe de alunos apresenta particularidades relevantes em comparação às características do grande número de adolescentes presentes no Ensino Médio, da maior parte das escolas do Distrito Federal.

Apesar de considerar que várias das características dos estudantes que compõem este quadro de alunos como evasão, heterogeneidade de idade e comportamentos sejam invariantes em relação às disciplinas diversas de seus currículos, durante a revisão de literatura, mantivemos nossa pesquisa nas revistas de ensino de ciências.

Encontramos no trabalho de Merazzi e Oaigen (2008) auxílio para a compreensão de algumas das principais peculiaridades da EJA (Educação de Jovens e Adultos). É evidente neste trabalho a linha ausubeliana de ensino; vale lembrar que este também é parte de nosso referencial teórico, e caracterizada em termos de “conhecimentos prévios” presente já no título do trabalho. Merazzi e Oaigen (2008) propõem atividades voltadas ao cotidiano do aluno e descrevem a busca de uma ferramenta para facilitar a aprendizagem de alunos do EJA.

As atividades são realizadas nas séries finais do Ensino Fundamental da Educação de Jovens e Adultos. O tema abordado é reações químicas; no entanto, a análise sobre o perfil dos alunos da EJA e características como evasão escolar deste segmento de alunos e a experiência de vida deles, é de especial relevância para qualquer trabalho de ensino e aprendizagem com estudantes que possuem esse perfil. Mais uma vez, a nosso ver, tais particularidades apresentadas independem do conteúdo a ser tratado.

Nesta análise os autores ressaltam o que chamam de “erros” pedagógicos, os quais, segundo eles, normalmente são cometidos por parte dos professores, na interpretação de tais características quando não se percebe o educando em suas múltiplas dimensões. Segundo Pinto (2005, apud MERAZZI e OAIGEN, 2008) esses principais erros são: “partir da suposição da ignorância num indivíduo no qual na verdade, há um considerável acervo de saber; apresentar a escolarização como único recurso, para solucionar o problema social”.

O maior destaque da atividade desenvolvida é a valorização da experiência dos alunos, ou seja, o aproveitamento do conhecimento prévio, nos termos da Teoria da Aprendizagem

Significativa de David Ausubel. Defendem que “o educando aprecia o fato de perceber que os conhecimentos que ele têm são valorizados, ele se sente também valorizado como pessoa e isso o motiva” (SANTOS 2005).

Um material potencialmente significativo e a motivação desse tipo de material, aliada ao aproveitamento do conhecimento prévio, também como fator de motivação para o aluno, mostram-se de especial relevância na aprendizagem para Merazzi e Oaigen (2008). Reforçam essa idéia quando lembram que “uma das condições para que ocorra a aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não literal. Um material com essa característica é chamado de material potencialmente significativo”.

Também com esta idéia, é que produzimos um material instrucional composto de diversificados recursos didáticos, seja no uso de instrumentos musicais, seja no uso de tecnologias, ou na utilização de ambas. A motivação por parte dos alunos para o estudo de tópicos do campo conceitual da Física Ondulatória a partir de um material, o qual julgamos potencialmente significativo, é um dos objetivos a ser alcançado em nosso trabalho.

Observamos referências como a do PROEJA para defesa da proposta de Merazzi e Oaigen (2008) na qual a Teoria da Aprendizagem Significativa melhor fundamenta seu trabalho desenvolvido com Jovens e Adultos. O trecho a seguir exemplifica esta afirmação:

Utilizando os conhecimentos dos alunos, construídos em suas vivências dentro e fora da escola e em diferentes situações da sua vida, pode-se desenvolver uma prática conectada em situações singulares, visando conduzi-los, progressivamente, a situações de aprendizagem que exigirão reflexões cada vez mais complexas e diferenciadas para identificação de respostas, re-elaboração de concepções e construções de conhecimentos, numa dinâmica que favoreça o crescimento tanto do aluno quanto do professor. (BRASIL, 2007, apud MERAZZI; OAIGEN, 2008)

Dar uma finalidade no aprender do aluno foi outro enfoque da atividade desenvolvida na EJA com 25 alunos. Neste sentido, lembram com base na Teoria da Aprendizagem

Significativa que “se o aprendiz não encontrar finalidade para os novos conhecimentos e não tiver interesse em aprendê-los, ele poderá simplesmente armazenar de forma memorística o novo conhecimento e depois irá esquecer”. Afirmam ainda que para avaliar a aprendizagem significativa pode-se variar as situações, ou fazer questionamentos diferenciados, nos quais o aprendiz tenha que usar seus novos conhecimentos, dando significados a eles; assim, a aquisição de significado seria o produto da aprendizagem significativa. Ou, de outra maneira, segundo a proposta de Ausubel, o aprendiz teria que verbalizar, mostrando capacidade de explicar o que aprendeu.

Os autores consideram basicamente a pertinência de “ressaltar a importância da valorização do conhecimento prévio do Educando Jovem e Adulto, diante da contribuição que a riqueza dos saberes oriundos das particularidades de sua vivência proporciona ao seu aprendizado, tornando-o com mais sentido, mais significativo, mais interessante” (MERAZZI e OAIGEN, 2008).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDBEN – nº. 9394/96, que estabelece a Educação de Jovens e Adultos como uma modalidade de ensino, traz no caput de seu artigo 37 que “A educação de jovens e adultos será destinada àqueles que não tiveram acesso ou continuidade de estudos no ensino fundamental e médio na idade própria”. E, ainda, no parágrafo primeiro deste mesmo:

“Os sistemas de ensino assegurarão gratuitamente aos jovens e aos adultos, que não puderam efetuar os estudos na idade regular, oportunidades educacionais apropriadas, **consideradas as características do alunado, seus interesses, condições de vida e de trabalho**, mediante cursos e exames”. (BRASIL, 1996, grifos nossos)

Uma questão de extrema relevância quando se trata de EJA é a da evasão escolar. Porque tantos alunos deixam as salas de aula antes de concluírem seus estudos?

Consideramos como um dos pontos da fuga dos alunos da sala de aula o não-respeito das características dos alunos da EJA. Santos (2005) discute essa problemática e evidencia

que “em muitos casos, o preço a ser pago, objetiva ou subjetivamente torna-se bem alto, sendo que requer extremo esforço e muitas escolhas, majoritariamente pelo fato de ser um educando que trabalha”. Esse autor acrescenta que colocando sobre o trabalho e, também, a família sob o foco de suas vidas precisa arcar com custos, em muitos casos bastante altos, o que pode se tornar um empecilho na pertinência dos estudos. Ainda neste sentido, Zago (2000 apud MERAZZI; OAIGEN, 2008) comenta que, “[...] para permanecer na escola são feitos grandes sacrifícios, pois ser estudante não é um ofício que possa ser exercido sem ônus”. Sendo o estudante um adulto, as dificuldades e sacrifícios tendem a aumentar.

Espíndola e Moreira (2006) relatam uma experiência didática em Física, realizada em uma escola de EJA. Utilizam uma estratégia de ensino baseada em projetos didáticos, como alternativa no desenvolvimento de conceitos da disciplina de Física, junto a alunos da etapa 8 de um curso noturno de Educação de Jovens e Adultos. Consiste principalmente na realização de uma pesquisa bibliográfica, por parte dos alunos, com posterior discussão dos conceitos envolvidos em cada projeto.

Acessamos o trabalho de dissertação de Espíndola (2005), já que no artigo publicado deram especial atenção ao tópico de Óptica, contudo deixaram indicado o trabalho da “Física envolvida nos sons”. Para este tópico mantiveram a estratégia de projetos, com pesquisa e apresentação de seminários por parte dos alunos. Essa autora relata o que foi comentado pelos alunos no seminário sobre a Física nos instrumentos musicais. No entanto, não apresenta de forma detalhada, como, quais, e que tipo de análises foram feitas sobre a Física destes instrumentos, não sendo este o foco de seu trabalho. Consideram a estratégia de ensino a partir de projetos como motivadora, com base em relatos de alunos.

Ainda neste trabalho Espíndola (2005) destaca que, após a revisão de literatura, concluiu que há falta de propostas de ensino para Educação de Jovens e Adultos no ensino médio, principalmente na área da Física. “Muito pouco foi feito para melhorar essa

modalidade de ensino [...] poucos trabalhos sobre estratégias e mudança de currículo”. Observamos que não houve uma mudança significativa neste quadro em comparação ao ano de 2010, até onde levamos nossa revisão bibliográfica.

Comenta ainda que “os maiores incentivos na área estão relacionados com a alfabetização”. No entanto, questiona oportunamente: “mas depois que estão alfabetizados, o que fazer com eles?”. Coloca ainda: “isto não é discutido e dificilmente pensado na área de Educação de Jovens e Adultos, ou seja, quando este aluno estiver no ensino médio quais serão as políticas públicas destinadas a esta etapa da educação?” (ESPINDOLA, 2005).

Nossa visão sobre estas últimas perguntas está no capítulo da conclusão e considerações finais. Por hora, vale reafirmar a importância para o professor, que trabalha com alunos na EJA, em valorizar o conhecimento trazido e as características particulares desta classe de alunos. Nosso referencial teórico apresentado no capítulo seguinte procura ratificar esta afirmação.

1.4 Categoria 4: Outros

Acrescentamos nesta categoria temas e questões que, a nosso ver, não poderiam deixar de ser lembrados quando se trabalha com Ciência, com instrumentos musicais, com música e arte, com tecnologia. São questões que perpassam num instante a mente de quem interrelaciona estes temas citados com o ensino. Esta estratégia de ensino é motivadora? Ela é lúdica ou não-lúdica? E a música como arte no contexto de ensino? E a cultura que delimita a música?

Podemos dizer que tais perguntas adentram o campo da subjetividade por onde não nos julgamos capazes de sugerir um fechamento destas questões. Mas, não podemos negar que estas questões estão intrínsecas numa abordagem metodológica que envolva principalmente instrumentos musicais; música. Com isso, buscamos na literatura de ensino de

Ciências trabalhas a partir dos quais nos foram acrescentadas idéias e caminhos para passarmos por esse campo nem tão objetivo quanto a maioria daqueles encontrados nesta área de estudo, o de Física, particularmente.

Moreira I. e Moreira L.(2007) citam a relação entre música e ciência no trecho de seu trabalho quando dizem:

A música é uma das artes mais ligadas à Matemática e à Física. Até os albores do século XVI, ela era considerada um ramo da matemática. No período medieval constituía uma de suas disciplinas, integrando o *quadrivium*: aritmética, geometria, astronomia e música. Tomava-se, então, como música os seus aspectos teóricos sem ligação direta com sua execução prática. Ela é uma arte escorada em medidas precisas, o que garante nova aproximação com a ciência, e tem uma base física importante: são os sons afinados pela cultura que a constituem.

De onde destacamos o trecho “sons afinados pela cultura que a constituem” buscando aqui ratificar a escolha de determinadas músicas que, caso sejam trabalhadas como fator motivador para estudo da Física dos instrumentos, seja observada a cultura na qual essa música será inserida. Para Moreira I. e Moreira L.(2007) a música estimula a ciência especialmente por apresentar “conexões culturais mais amplas subjacentes tanto à música como à ciência, duas componentes da atividade criativa humana, individual e coletiva”.

Paralela a esta consonância encontrada entre a Ciência e a música citamos o trabalho de Bonadiman e Nonenmacher (2007) os quais investigam o gosto dos alunos por Física. Segundo eles, o jovem estudante ingressa no Ensino Médio, vindo do nível fundamental, com um grande estímulo pela curiosidade e “imbuído de motivação na busca de novos horizontes científicos. Entre os diversos campos do saber, a expectativa é muito grande com relação ao estudo da Física”, e completam que

Porém, na maioria das vezes e em pouco tempo, o contato em sala de aula com esse novo componente curricular torna-se uma vivência pouco prazerosa e, muitas vezes, chega a constituir-se numa experiência frustrante que o estudante carrega consigo por toda a vida. (BONADIMAN E NONENMACHER, 2007)

Nesta direção questionam: O que se pode fazer para que mais estudantes passem a gostar da Física e, conseqüentemente, melhorem seu aprendizado?

Destacam as causas que costumam ser apontadas para explicar as dificuldades, dentre elas: “a pouca valorização do profissional do ensino, as precárias condições de trabalho do professor, o enfoque demasiado na chamada Física Matemática em detrimento de uma Física mais conceitual”, e mais uma dezena de outras questões externas à possibilidade de mudança crítica que pode partir do professor. Concordamos com Bonadiman e Nonenmacher (2007) quando ressaltam que

a falta de motivação para o estudo da Física e, possivelmente, da alegada aversão por essa disciplina, são estruturais e fogem ao controle do profissional do ensino. Outros, porém, são específicos e podem ser resolvidos pelo próprio professor, pois dependem, em boa parte, de sua ação pedagógica em sala de aula.

Além do “como fazer do professor”, alia-se aqui a idéia da finalidade daquele estudo para o aluno, especialmente para os jovens e adultos que já trazem uma bagagem relevante de conhecimento.

Assim, Bonadiman e Nonenmacher (2007) direcionam o foco do gostar ou não de Física para as ações metodológicas do professor, a maneira como aborda o conteúdo. Contudo, são cautelosos em suas afirmações e enfatizam:

somos levados a acreditar que uma metodologia de trabalho, aplicada em sala de aula, por melhor que seja, não garantirá, por si só, a aprendizagem. Ela deverá ser acompanhada pela competência do professor e pela consciência e vontade do aluno em querer aprender.

Sob essa perspectiva, concluem que “o elemento motivação é fundamental neste processo, cabendo ao professor a tarefa de oferecer ao aluno condições favoráveis e necessárias para seu desenvolvimento e para um bom desempenho”.

Sob tais aspectos consideramos como recursos motivadores em nossa metodologia a presença dos instrumentos musicais, da música, de novas tecnologias, da união do áudio e do

vídeo em uma só mídia, usados como facilitadores na busca da promoção de uma aprendizagem consistente e duradoura.

Pugh et.al (2009) também comungam, em parte, com essa idéia quanto ao uso de vídeos. Colocando “motivação” como título do tópico do trabalho, sugerem que

mostrar conexão entre Física e eventos fora da sala ajuda os estudantes a perceber a relevância da Física em suas vidas e como as leis físicas ajudam a entender a natureza. Enfatizam que os eventos podem ser simples como um salto bem alto de uma pessoa; ou menos usual como o movimento de um boneco sobre o air bag durante uma colisão de carros; ou ainda extraordinário como a ocorrência da queda da ponte de Tacoma (PUGH et.al, 2009, tradução nossa)

Com isso, destacam o quanto podem enriquecer as aulas vídeos, os quais eles chamam de vídeos interativos, pois dão ao professor a possibilidade e recuar ou adiantar o vídeo quantas vezes quiser. Como exemplificam com colapso da ponte de Tacoma, devido ao fenômeno de ressonância, onde observam que num primeiro raciocínio o aluno irá sugerir que a ponte caiu por causa da velocidade e intensidade do vento. Contudo, num vídeo interativo, o professor tem a possibilidade de voltar e observar com os alunos que as árvores próximas à ponte não estão se inclinando tanto com ventos forte, o que deixa espaço para que o professor discuta a relação do vento com a amplitude de oscilação.

O vídeo sobre a ponte de Tacoma foi um dos vídeos que (também os chamaremos de interativos) utilizamos em nosso material de apoio, o que chamou bastante a atenção dos alunos, mostrando-se, assim, um recurso motivador como demais vídeos apresentados a eles. Cada um com um fim específico, porém todos buscando o interesse para que o aluno se colocasse a disposição para aprender de maneira significativa, nos termos ausubelianos. Outros vídeos serão discutidos com maiores detalhes no capítulo referente à metodologia.

Com essa discussão e defesa para o uso de recursos, que procuramos mostrar motivadores, chegamos a outra questão que surge a partir de questionamentos de colegas

professores: será que podemos considerar a utilização, especialmente de instrumentos musicais e da música em sala de aula, como um recurso lúdico?

Para nos auxiliar nesta resposta recorreremos a um trabalho de dissertação no qual Pimentel (2007) especifica o conceito de lúdico, passando por uma extensa revisão bibliográfica, confrontando interpretações de diversos autores e colocando sua visão sobre seu próprio trabalho com brinquedos no ensino médio. Reconhece que, no Brasil, “as palavras jogo, brinquedo e brincadeira têm significados diferentes embora existam professores que utilizem essas palavras como sinônimos” e com base em Kishimoto (1999 em PIMENTEL 2007) reafirma, como uma constatação, “um nível baixo de conceituação deste campo”.

Assim, não encontramos na literatura uma definição precisa para termo lúdico. Contudo, Pimentel (2007) delimita tal conceito através de atividades lúdicas, que seriam os jogos, as brincadeiras. Acrescenta que caso o professor de ensino médio decida trabalhar com atividades lúdicas, isso

poderá acarretar ações que, a princípio lhe darão mais trabalho, afinal, pouco ainda se comenta acerca desses recursos nos livros pedagógicos, cabendo ao professor pesquisar em outras fontes para uma boa utilização destes. Ainda mais, estas atividades geralmente promovem agitações entre os alunos, e, com isso, o trabalho desenvolvido pode ser confundido como uma atividade não séria. (PIMENTEL, 2007)

Mas concordamos com sua ponderação quando diz:

É justo se esperar que uma atividade que fuja do tradicionalismo de uma “educação bancária” apresente igualmente, um comportamento de alunos que não corresponda ao tradicional e constante silêncio alienado. Para Shor (FREIRE E SHOR, 1986, p. 144) “O silêncio do aluno é criado pelas artes da dominação [...] eles têm muito para dizer, mas não segundo o roteiro da sala de aula tradicional. Reinventar os aspectos visuais e verbais da sala de aula são duas formas de se opor às artes destrutivas da educação passiva. (PIMENTEL, 2007)

Consideramos que um trabalho não deixa de ser sério porque um aluno sorriu, por uma descoberta, ou por sentir-se livre para expressar seu pensamento em sala de aula. É neste

ponto que defendemos algumas atividades que em nosso trabalho podemos chamar de lúdicas, como, por exemplo, um momento no qual é tocada uma música num violão ou numa gaita. Estes instantes lúdicos fazem com que os alunos sintam-se motivados a se expressarem, o que é essencial para nosso trabalho, já que é necessária a constante participação deles na construção de seu próprio aprendizado, visto o fato de a Teoria da Aprendizagem Significativa e da Teoria dos Campos Conceituais em ressaltarem a necessidade de que o aprendiz expresse o que se passa em sua mente e, assim, o professor tenha condições de trabalhar sobre aquela idéia presente em seu campo cognitivo, a fim de aproximá-la dos conceitos científicos. Ele não se expressará caso não se sinta livre para tal.

Contudo, mesmo tendo instantes lúdicos ao longo da aplicação de nossa pesquisa, consideramos não-lúdico o trabalho como um todo já que, como dito, são pequenos momentos nos quais atividades lúdicas são utilizadas para se trabalhar os conceitos físicos.

Comentários Finais à Revisão Bibliográfica

Com a revisão bibliográfica constatamos não haver muitos artigos publicados relacionados à Física Ondulatória, sobretudo estudos que envolvam o uso de instrumentos musicais. Contudo, encontramos base para os principais assuntos que sustentam essa dissertação como os relativos aos aparatos tecnológicos, a alguns instrumentos musicais, ao ensino de Jovens e Adultos e a relação entre tudo isso e a motivação ao estudo passando, também, pela arte da música.

Verificamos que vários autores (RUI; STEFFANNI, 2006; MERAZZI; OAIGEN, 2008) destacam e concordam sobre a importância de um material potencialmente significativo no ensino de Física nos termos ausubelianos. Essa idéia também se configura como uma especial atenção em nosso trabalho, na escolha dos vídeos e na aplicação do material de acordo com a metodologia, a qual será discutida, com detalhes, mais a frente.

Ainda, separando os trabalhos por categorias, observamos nas duas primeiras e na quarta, que autores (RUI; STEFANI, 2006; PEJUAN e NOVELL, 2007; PUGH et.al 2009; ROSA, 2000) trabalham com recursos audiovisuais de diversas formas visando trazer ao aluno uma maior interação com o fenômeno estudado, de forma a aproximá-lo ao máximo da realidade, afastando-o num primeiro instante do estudo abstrato das equações já que, por vezes, estas lhes são entregues logo na aproximação com conteúdo de estudo.

Sublinhamos da segunda categoria o trabalho de Peruan e Novell (2007) sobre o Audacity, o qual se constitui uma das estratégias mais relevantes de nosso trabalho e sobre o qual alcançamos melhores resultados. Como também, a contribuição de Rosa (2000) nas características e utilização do áudio e do vídeo.

Em poucos casos (RUI; STEFFANNI, 2006) verificamos o uso de instrumentos musicais como recursos didáticos. Ainda assim, acreditamos ser um recurso eficaz para se trabalhar conceitos no campo da física ondulatória, bem como os softwares para “visualização” de ondas sonoras, visto apenas no trabalho acima citado, e nos de Pejuan e Novell (2007) e Bleicher et.al. (2002). Todos com enfoques e condições específicas, diferentes destas que propusemos neste trabalho.

Observamos durante toda a revisão bibliográfica que muitos autores não dão a devida atenção em fundamentar seus trabalhos com um referencial teórico de ensino e de aprendizagem e não aplicam e testam seus projetos em sala de aula o que, a nosso ver, mesmo que os artigos contribuam para um maior aprofundamento em questões físicas, em temas específicos, não fortalece nossa área de atuação em pesquisa. Araujo e Veit (2004) ratificam essa nossa afirmação ao comentarem como é grande o número de publicações que não trazem referencial teórico em ensino e aprendizagem. Além disto, trazem-nos uma revisão da literatura em estudos sobre o uso de tecnologias computacionais. Chama nossa atenção,

também, a inferência que pudemos fazer do quanto é pouco pesquisado temas de Física Ondulatória em ensino de ciências.

Na terceira categoria enfatizamos as particularidades dos alunos que constituem a EJA. Dá-nos a condição de compreender melhor esta diferente classe de alunos que por serem trabalhadores, donas e donos de casa, necessitam dividir suas preocupações diárias com os estudos. Seria um fato comum, já que, muitos de nós passamos por este tipo de obstáculo. Contudo, têm idades avançadas em relação à classe de estudo e tantas vezes apresentam auto-estima conturbada pelo dilatado tempo sem estudo. Respeitamos muito seus esforços e também por isso, dedicamos este trabalho a eles e a elas.

Um pouco do lado artístico da ciência e científico da arte é o que traz a quarta categoria. Consideramos incompleto um trabalho que discorra sobre instrumentos musicais sem falar de música, mesmo tendo foco no ensino e aprendizagem. Falar da ciência destes instrumentos sem dizer, pouco que seja, da arte e da ciência que contribuiu e contribui na sua construção e melhora deles. A observação cultural dos alunos não deve ser descartada, pois influencia na escolha de timbres e sons a serem levados às salas e acreditamos que estas características subjetivas da música influenciam também na atenção dada pelos alunos ao material apresentado a eles.

Discutimos, sucintamente nossa posição quanto a ludicidade deste trabalho chegando à conclusão pelo não-lúdico no trabalho como um todo. Ainda que apresente momentos lúdicos durante nossa intervenção em sala de aula, quando levamos em consideração o fato da música trazer consigo um fator lúdico intrínseco, o qual pode despertar alguma emoção ou euforia nos estudantes.

A motivação (PUGH, 2009) é outro mote de nosso trabalho para o qual voltamos nossa atenção durante a revisão bibliográfica, por acreditarmos motivadoras ao estudo as

estratégias adotadas por nós, distantes do quadro e giz. Obviamente, não desconsideramos a relevância do ensino tradicional.

Neste sentido, para que o “gostar de Física” se traduza em compreender seus modelos e suas idéias principais, sabemos, não existe uma relação linear. Tal relação, fica claro para nós, envolve a motivação, mas também uma análise mais profunda e complexa, mais técnica como a dos processos cognitivos que envolvem a interação de novas informações com a já existente na mente do aluno, a interação do aluno com seu meio e com o campo de conceitos ao qual será apresentado, como também a história de vida do aluno e, neste caso específico, o gosto pela música.

Para termos o suporte necessário na análise enfatizada agora é que apresentamos o capítulo seguinte, a nossa “Fundamentação Teórica.

Capítulo 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel e a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud, a nosso ver se complementam, pois, enquanto a primeira tem foco na estrutura cognitiva do aprendiz, no que acontece internamente em processos cognitivos, a teoria de Vergnaud leva em consideração a interação social e com o meio no qual o aprendiz se insere. Enquanto Ausubel coloca o respeito ao conhecimento prévio do aluno como um dos principais elementos da aprendizagem, a TCC considera a conceitualização como âmago do desenvolvimento cognitivo.

Ambas têm contribuições importantes, especialmente para o Ensino de Ciências, por sua objetividade e coesão. Estes atributos podem ser verificados a seguir, enquanto descrevemos os principais conceitos das duas teorias que dão fundamentação à nossa pesquisa.

2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Compreender como uma pessoa aprende não é uma tarefa trivial. É pouco provável que um professor possa ter certeza ou afirmar definitivamente, sob todos os aspectos, que seu aluno aprendeu certo conteúdo de maneira profunda e eficaz. Contudo, a Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel, que tem como foco investigar a organização e os processos de integração que ocorrem na estrutura cognitiva de um indivíduo que se dispõe a aprender, traz para nós um suporte teórico sobre o qual podemos nos apoiar para fazer inferências e constatações de aprendizagem duradoura, consistente e, por isso, significativa para o aluno.

Essa estrutura cognitiva é uma rede de conceitos, símbolos, imagens, proposições que se inter-relacionam na mente do aprendiz, proporcionando condições para que haja interação

cognitiva entre uma nova idéia, ou nova informação, com aquilo que já está presente nesta estrutura. Neste caminho, Ausubel, salienta que:

A cognição envolve o processo de relacionar o novo material aos aspectos relevantes da estrutura cognitiva existente; avaliar através de que tipo de relação se estabelecerá este vínculo; organização da estimulação presente e do conteúdo aprendido, reestruturando-o numa linguagem própria e mais familiar (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p.52).

Desta base cognitiva, vem o conceito da própria Aprendizagem Significativa que, para Ausubel et.al (1980), é conformada como o “processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo”. Além disso, configura-se como uma das premissas mais relevantes dentro da TAS o aproveitamento do que o aluno já sabe. Ausubel et.al. (1980) enfatizam que “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece”. Completa esta idéia o fato de que, para ensinar, é preciso descobrir o que o aluno já sabe e, a partir deste conhecimento, é que o professor deve direcionar suas lições. Essas idéias parecem simples, a princípio, mas trazem uma grande complexidade quando levado em conta a explicação desse processo cognitivo.

A Teoria da Aprendizagem Significativa estabelece condições para que ocorra a aprendizagem efetiva, dentre as quais está a existência de estruturas de conhecimento específicas chamadas de subsunçores, que são pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno às quais as novas informações vão se ancorar e que serão mais elaboradas posteriormente. Para Moreira e Masini (1982), quando ocorre essa ancoragem em conceitos relevantes é que há aprendizagem significativa.

Ao analisarmos questões de ensino e aprendizagem e da complexidade oriunda dos processos cognitivos, podemos nos deparar com a seguinte pergunta: se é importante que o aluno tenha conhecimentos relevantes em sua estrutura cognitiva para que haja uma relação entre o novo conhecimento com o conhecimento prévio e, assim, possa existir a condição para

uma aprendizagem significativa, o que fazer se esse conhecimento não estiver presente na mente do aprendiz?

Ausubel et.al (1980) falam sobre aprendizagem mecânica, e não retiram o valor deste tipo de aprendizagem já que, para eles, ela pode ocorrer concomitantemente à aprendizagem significativa em uma mesma tarefa. Assim, salientam que não se separa a aprendizagem significativa da mecânica, pois “não são completamente dicotomizadas” (AUSUBEL et.al, 1980, p.20). E ainda:

A aprendizagem mecânica ocorre se a tarefa consistir de associações puramente arbitrárias como na associação de pares, ou aprendizagem de série e quando falta ao aluno o conhecimento prévio relevante, necessário para tornar a tarefa potencialmente significativa, e também (independentemente do potencial significativo contido na tarefa) se o aluno adota uma estratégia apenas para internalizá-la de uma forma arbitrária, literal (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980).

Contudo, Moreira (1999) interpreta e contrasta a aprendizagem significativa com a mecânica, salientando que nesta, a aprendizagem tem pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Ou seja, “o conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos”. Respondendo, então, à pergunta colocada anteriormente: a aprendizagem mecânica é necessária quando não existe nenhum subsunçor, específico para aquela devida ancoragem, na estrutura cognitiva do aprendiz. As informações são completamente novas. A aprendizagem mecânica ocorre, então, até que alguns elementos de conhecimento se tornem relevantes e sirvam para a ancoragem de novas informações e estas passem, assim, a não serem armazenadas de maneira arbitrária.

Há momentos em nossa intervenção que fazemos uso desta idéia de aprendizagem mecânica, especialmente ao tratarmos pequenas equações e sua simbologia, assim como as unidades de medida da frequência e da intensidade sonora, por exemplo.

Outras condições para ocorrência da aprendizagem significativa são:

- A pressuposição que o aluno manifeste uma *disposição* para tal aprendizagem, ou seja, uma “disposição para relacionar, de forma não arbitrária e substantiva⁵, o novo material à sua estrutura cognitiva” (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980, p.34, grifos nossos);
- O material seja *potencialmente significativo*, melhor dizendo, “incorporável à sua estrutura de conhecimento através de uma relação não arbitrária e não literal”. Ou ainda, caso o aluno não se disponha a aprender de maneira significativa, e o material apresentado a ele seja potencialmente significativo, não há que se falar em aprendizagem significativa.

Ainda assim, não basta que as condições iniciais sejam satisfeitas para que ocorra uma aprendizagem significativa; segundo Moreira e Masini (1982), é preciso que o novo material, idéias e informações apresentadas, tenham uma estrutura lógica e interaja com conceitos relevantes, inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz.

Esse processo de vincular novas informações a segmentos preexistentes da estrutura cognitiva é chamada por Ausubel (1980) de aprendizagem subordinativa. Ele destaca que a própria estrutura cognitiva de um indivíduo

tende a ser organizada hierarquicamente em relação ao nível de abstração, generalização e abrangência das idéias. A emergência de uma nova estrutura proposicional significativa reflete mais tipicamente uma relação subordinativa do novo material à estrutura cognitiva existente. Isto implica a subordinação de proposições potencialmente significativas a idéias mais gerais e abrangentes na estrutura cognitiva existente, e isto, por sua vez, resulta na organização hierárquica da estrutura cognitiva. (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980, grifos nossos).

⁵ “Uma relação não arbitrária e substantiva (não literal) significa que as idéias são relacionadas a algum aspecto relevante existente na estrutura cognitiva do aluno, como , por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição”. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p.34)

A organização hierárquica das idéias e conceitos faz parte, na TAS, de um processo interno, cognitivo, da aprendizagem. Processo este que nos leva a também considerar uma organização hierárquica para os tópicos e conteúdos elaborados e apresentados em nosso material a ser utilizado na intervenção do professor junto aos alunos, quando pretendemos obter a aprendizagem significativa de conceitos em Física Ondulatória.

Porém, a hierarquia dos conceitos no campo cognitivo não é o único processo verificado na aprendizagem do tipo subordinada. As novas informações são, também, assimiladas ao se ancorarem em subsunçores inclusivos, contribuindo para uma diferenciação destes subsunçores de maneira progressiva, onde há uma reelaboração cognitiva e uma conseqüente estabilidade daquilo que for aprendido. Esse processo de inclusão pode ocorrer uma ou mais vezes e se caracteriza, na teoria ausubeliana, pela chamada *diferenciação progressiva* do conceito ou proposição que engloba novas informações.

Podemos colocar a *reconciliação integrativa*⁶ como sendo uma forma de diferenciação progressiva se estamos falando de processos cognitivos que ocorrem na aprendizagem significativa. Porém, na reconciliação integrativa há uma recombinação dos elementos já existentes na estrutura cognitiva. É interna a esta estrutura e, segundo Ausubel et.al. (1980), “é mais completa quando as possíveis fontes de confusão são eliminadas pelo professor ou pelos recursos didáticos”. Chama atenção por ser um dos principais atributos do professor, pois espera que este esteja “apto a contribuir com seus alunos explicando-lhes os meios de formarem suas próprias reconciliações integrativas”.

Moreira (1999) coloca que a teoria da assimilação proposta por Ausubel deixa mais claro o processo de aquisição de significados na estrutura cognitiva. De forma esquemática, esta teoria diz que se há uma nova informação, potencialmente significativa, que esteja

⁶ Na tradução do livro Psicologia Educacional de Ausubel, Novak e Hanesian, utiliza-se o termo reconciliação integradora. No entanto, fizemos uso do termo reconciliação integrativa presentes nos textos de Moreira (1999; 2002)

relacionada a algo, e assimilada por um conceito subsunçor (mais inclusivo) existente na estrutura cognitiva do aprendiz, há então um produto interacional, ou um subsunçor modificado, mais extenso, mais elaborado ou mais qualificado que anteriormente.

A idéia de assimilação é bem semelhante a da diferenciação progressiva apresentada anteriormente e, a rigor, Ausubel coloca que “na teoria da assimilação da aprendizagem, grande parte da aprendizagem significativa que ocorre poderia ser caracterizada como envolvendo a diferenciação progressiva de conceitos e proposições” (AUSUBEL et.al, 1980).

Podemos ainda classificar em três, os tipos de aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999): o representacional, o de conceitos e o proposicional. O primeiro envolve a base da aprendizagem, pois, se refere à identificação de um significado para um símbolo. O segundo tipo funciona aproximadamente como o primeiro, já que um conceito pode ser entendido como um tipo de símbolo, porém de significado mais genérico; representam regularidades em eventos. No tipo proposicional, a idéia é aprender mais que palavras ou conceitos como nos anteriores; é entender o significado da proposição, composta por estas palavras e conceitos.

Além de toda classificação e definição de conceitos que verificamos coerentes e objetivos na TAS, outro ponto de especial relevância é o de como evidenciar se houve ou não uma aprendizagem significativa. Apesar de Ausubel admitir que “nem sempre é fácil demonstrar quando ocorre uma aprendizagem significativa”, ele afirma também que esta é evidenciada quando há um “domínio de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis” (AUSUBEL et.al, 1980, p.122). Assim, Moreira (1999) propõe que, para se verificar esta aprendizagem, e para evitar a simulação dela, é preciso formular questões de maneira nova, que requeira transformação do conhecimento adquirido. Um novo contexto, um fraseado diferente daquele visto no material. De outra forma, Ausubel diz que:

Talvez a maneira mais simples de se fazer isso seja solicitar ao indivíduo que diferencie entre idéias correlatas (semelhantes) mas não idênticas, ou escolher os elementos característicos de um conceito ou proposição a partir de uma lista contendo aqueles elementos tanto dos conceitos quanto das proposições correlatas. (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980, p.122)

A retenção destes conceitos ocorre quando eles, ancorados em subsunçores relevantes tornam-se estáveis, bem estabelecidos. Entretanto, Moreira e Masini (1982) acrescentam que “os significados das novas idéias, no curso do tempo, têm a tendência a ser assimilados ou reduzidos aos significados mais estáveis das idéias estabelecidas”. Esse é um segundo estágio da aprendizagem, chamado por Ausubel de assimilação obliteradora. De maneira mais objetiva, um simples conceito abstrato é mais manipulável para propósitos cognitivos do que os diferentes exemplos a partir dos quais ele foi abstraído; assim, há uma redução que caracteriza a formação de um conceito. O esquecimento é, portanto, e também, continuação ao longo do tempo, do processo de assimilação que facilita a aprendizagem e a retenção de novas idéias (MOREIRA e MASINI, 1982, p.18).

Ademais, Moreira (2000), com base nas proposições trazidas pela TAS, enfatiza alguns pontos principais no papel do professor diante da teoria de Ausubel: identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino; identificar os subsunçores mais relevantes à aprendizagem; fazer um diagnóstico do que o aluno já sabe e ensinar utilizando recursos que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria.

Contudo, essa estrutura conceitual fica bem caracterizada na Teoria dos Campos Conceituais; notadamente, neste ponto, há uma complementaridade entre as teorias. Vejamos, então, as características principais da teoria de Vergnaud.

2.2 A Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC), proposta por Gérard Vergnaud, não é uma teoria didática (ESCUADERO et.al, 2003), nem apresenta conceitos explícitos e formalizados. É uma teoria psicológica do processo de conceitualização do real. No entanto, tem importantes implicações na área de ensino. Traz a possibilidade de facilitar a interpretação,

por parte do professor, e pesquisador em ensino de ciência, do que acontece na prática em sala de aula. Ela nos permite localizar e estudar o que há de contínuo e o que há de rupturas entre conhecimentos do ponto de vista de seu conteúdo conceitual.

Segundo Escudero et.al (2003, p.23), “mesmo que a teoria de Vergnaud não seja uma teoria didática, tem importantes implicações na área. A principal delas é o papel mediador do professor”, que “basicamente consiste em ajudar aos alunos a desenvolver seu repertório de esquemas”, o que possibilita aos aprendizes maior habilidade em lidar com determinadas situações, que sejam gradativamente mais complexas. Na medida em que o aluno se depara com novas situações, as quais podem ser progressivamente dominadas por eles, com o auxílio mediador do docente, este aluno vai sendo inserido no campo conceitual para o qual o professor se propôs a apresentar-lhe tais situações. Este processo ocorre de maneira lenta e, segundo Vergnaud, levarão meses ou anos até que, progressivamente, um campo conceitual seja dominado.

Os campos conceituais se caracterizam por um “conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição” (MOREIRA, 2002). A partir desta definição verificamos a complexidade intrínseca a um campo conceitual, o que justifica o seu lento e gradual aprendizado, visto que, para se falar em domínio deste campo, será necessário o domínio de vários conceitos, representações e procedimentos de natureza distinta e, sobretudo, que eles estejam intimamente relacionados.

Segundo Palmero e Moreira (2002) podemos considerar campos conceituais como uma unidade de estudo, que dê sentido às dificuldades na conceitualização do real; eles destacam como sendo a própria “conceitualização o núcleo do desenvolvimento cognitivo”. Por isso se deve dar especial atenção aos aspectos conceituais da maneira como os alunos

abordam as situações e problemas para as quais eles desenvolvem seus métodos e esquemas de abordagem de maneira mais eficiente possível.

Já que Vergnaud coloca os conceitos sob o foco de sua teoria, ele define o próprio conceito como sendo constituído por três conjuntos distintos:

- Conjunto de situações que dão sentido ao conceito (referente);
- Conjunto de invariantes nas quais se baseia a operacionalidade dos conceitos (significado);
- Conjunto das formas de linguagem (ou não) que permitem representar simbolicamente o conceito, suas propriedades, as situações e os procedimentos de tratamento (significante) (VERGNAUD, 1993, apud PALMERO et.al, 2002).

Como colocado anteriormente, na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais, são as situações que dão sentido aos conceitos. Nesta linha de pensamento, segundo Sousa (2001), a TCC pressupõe que “a aquisição do conhecimento é moldada por situações e problemas e ações do sujeito nessas situações”. Naturalmente, observamos como sendo as situações e não os conceitos os principais fatores que levam um indivíduo a ser inserido em um campo conceitual. Antes de tudo, um campo conceitual é um conjunto de situações cujo domínio requer o domínio de vários conceitos de natureza distinta.

Na perspectiva de Vergnaud as “situações não são situações didáticas, mas sim tarefas, sendo que toda situação complexa pode ser analisada como uma combinação de tarefas, para as quais é importante conhecer suas naturezas e dificuldades próprias” (VERGNAUD, 1990, apud PALMERO, 2002). Dificuldades estas que devem ser analisadas pelo professor, que propõe as situações, consciente que o foco não estará na própria situação, mas sim, na maneira como ele pensou tal situação, de forma que possa oferecer pistas, discutir e decidir coisas, colaborando, assim, para que a zona de desenvolvimento proximal do sujeito seja respeitada e, por conseqüência, o aluno possa interagir com a situação. Pensando desta forma,

na medida em que o aluno vai progressivamente dominando diferentes situações, o professor sugere outras, já que um campo conceitual é composto por uma grande variedade de situações.

Podemos também observar as situações como processos cognitivos e respostas do sujeito como função destas situações com as quais o aluno é confrontado. Estas respostas e processos cognitivos remetem à ação, comportamentos e sua organização, levando-nos, desta forma, à idéia de esquemas, os quais se apresentam como outro importante pilar dentro da Teoria dos Campos Conceituais.

Os esquemas têm íntima relação com as situações, pois são evocados por elas, ou por representações simbólicas que constituam o sentido dessas situações para o indivíduo. Sublinhamos que, segundo Vergnaud (1990 apud ESCUDERO et.al, 2003) uma dada situação não evoca todos os esquemas disponíveis no aprendiz, evoca apenas aqueles possíveis para uma situação. Vale lembrar o papel mediador do professor, o qual, neste sentido, consiste em ajudar o aluno a desenvolver seu repertório de esquemas para enfrentar situações mais complexas e sob outros modos de abordagem dos problemas.

Esquemas são definidos por Vergnaud (1998) como “organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações”. A teoria nos chama atenção para o fato de que não é o comportamento que é invariante, mas sim a organização deste comportamento. O esquema pode gerar diferentes seqüências de ação, de coleta de informações e de controle, e isto dependerá das características e parâmetros das situações particulares. Contudo, os esquemas são universais e eficientes para uma gama de situações.

Para Vergnaud, os esquemas possuem regras, partes constituintes e chamadas por ele de ingredientes dos esquemas. Segundo Moreira (2002), aquela que é parte realmente geradora dos esquemas é a “regra do ‘se...então’, pois permite a geração e continuidade da

seqüência de ações do sujeito; são regras de busca de informação e controle dos resultados da ação”.

Ainda como ingredientes dos esquemas estão os invariantes operatórios, os quais são mais especificamente chamados de conceitos-em-ação e teoremas-em-ação, que, por sua vez, são conhecimentos contidos nos esquemas. Moreira (2002) esclarece que eles fazem a articulação necessária entre a teoria e prática, pois se lembrarmos o conceito de esquema verificaremos um indispensável vínculo entre a conduta e a representação, sem esquecermos a relação entre situações e esquema como a fonte primária da representação e, portanto, da conceitualização. Cabe, então, dizer que teorema-em-ação se relaciona à conduta do sujeito; e a busca e seleção de informações vêm através do sistema de conceitos-em-ação disponíveis para o sujeito, sendo constituído por objetos, atributos, relações, circunstâncias.

Para se identificar conceitos-em-ação podemos levar em conta, então, um conceito em sentido restrito, um objeto ou um predicado que o sujeito, durante a identificação desses, irá considerar como sendo relevante ou irrelevante na seleção de informações. Cabe destacar que um conceito-em-ação não necessariamente será um conceito específico do conteúdo da disciplina que se trata. De outra forma: “é um conceito chave para se resolver uma questão, um problema, para interpretá-lo. São eles que nos levam a buscar informação necessária para resolver estes, mas não nos permitem raciocinar sobre eles” (PALMERO e MOREIRA, 2002).

Intrinsecamente ligado aos conceitos-em-ação estão os teoremas-em-ação. Estes possuem forma mental mais complexa, podendo ser tratados como verdadeiros ou falsos e, por sua vez, são formados pelos primeiros, os quais podem ser considerados como pertinentes ou não. Portanto, há uma relação dialética entre conceitos-em-ação e teoremas-em-ação; “os conceitos são componentes dos teoremas e os teoremas são proposições que dão aos conceitos seu conteúdo” (VERGNAUD, 1998 apud ESCUDERO et.al, 2003).

Os teoremas-em-ação possibilitam a identificação das competências do aluno em um campo conceitual, pois é onde o aluno explicita filiações e rupturas. Constitui-se, portanto, como principal ferramenta para se descrever estas relações importantes na ajuda ao aluno para transformar o seu próprio conhecimento. Nessa direção,

a Teoria dos Campos Conceituais prediz que é através do processo de explicitação do conhecimento implícito que os teoremas-em-ação e conceitos-em-ação podem tornar-se verdadeiros teoremas e conceitos científicos. Pois, explicitando-se pode ser debatido e o conceito muda suas características. Um conceito, ou uma proposição, torna-se significativo através de uma variedade de situações, mas não se capta o significado sozinho. O papel mediador do professor é essencial (VERGNAUD, 1994 apud MOREIRA, 2002).

Em síntese: o campo conceitual tem como fundamento a conceitualização que, por sua vez, traz o conceito de conceito e suas particularidades na teoria de Vergnaud e, sendo parte deste, as situações, como tarefas, que evocam os esquemas, tidos como organizações tais que têm em seu bojo os conhecimentos chamados invariantes operatórios. Esses invariantes operatórios dividem-se, ainda, em conhecimentos-em-ação e teoremas-em-ação, retornando à necessidade da explicitação e modificação destes para se falar em inserção do aprendiz a campos conceituais.

2.3 Considerações e relação entre as duas teorias

Moreira (2002) coloca que, para Vergnaud, a idéia de conhecimento prévio do aluno não pode ser descartada, pois é mais frutífero considerar o aprendiz como um sistema dinâmico com mecanismos regulatórios capazes de assegurar seu progresso cognitivo. Nesse sentido, as concepções erradas são, muitas vezes, apenas palavras do dia-a-dia que são usadas na ciência com significado diferente, o que gera no aluno o conceito equivocado, mas que podem ser trabalhados. Essas concepções trazidas são importantes e devem ser guiadas pelo professor. Da mesma maneira, alguns conceitos, para serem trabalhados corretamente,

necessitam que as concepções prévias sejam abandonadas, pois impedem a formação de novos conceitos; aí o papel do professor é, mais uma vez, imprescindível.

O próprio Vergnaud (2007), ainda nesta ratificação do aproveitamento do conhecimento prévio, ensina que, ante a uma classe de situações, “o indivíduo é mais competente se está menos desprovido diante de uma nova situação”. Para ele, “sem conhecimento, não se tem meios para enfrentar as situações novas”. Afirma ainda que “nem todos os invariantes operatórios vêm dos conceitos pragmáticos, e que nem todos são formados e adaptados pelos grupos que os utilizam. Mas todos se formam largamente na experiência, a qual traz uma contribuição incontornável ao desenvolvimento. Toma o cuidado em frisar que “isso não significa que a experiência seja em si mesma suficiente: a formação contínua contribui também para o desenvolvimento, particularmente para acrescentar palavras à experiência, pela tomada de consciência metacognitiva, por trazer conhecimentos novos” (VERGNAUD, 2007).

Consideramos que, com o conhecimento dos principais conceitos das teorias destes dois autores, Ausubel e Vergnaud, temos um suporte teórico efetivo para nossa pesquisa. Suporte esse necessário para que possamos repensar e analisar epistemologicamente nossa prática, quanto à importância do conhecimento prévio do aluno, à importância da resolução de situações-problema contextualizadas e de significado relevante ao aluno, à importância do professor como um mediador, que irá proporcionar situações e tarefas para que o aluno possa interagir com elas e tenham o caráter de materiais potencialmente significativos para esse aluno. A teoria dos Campos Conceituais é utilizada neste trabalho, por seu potencial de análise do que acontece na sala de aula, pela análise das interações, levando em conta, também, o meio interacional.

Discutidas sucintamente, as bases da teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e da teoria de Campos Conceituais de Vergnaud sobre as quais fundamentaremos nosso

trabalho, ressaltamos que procuramos criar situações nas quais os alunos sejam inseridos no campo conceitual da Física Ondulatória, sendo instigados a entrar neste campo através da música, dos instrumentos musicais e de aparatos da tecnologia. Vale lembrar que “no momento em que nos interessamos por aquilo que se passa na sala de aula, somos obrigados a nos interessar pelo conteúdo do conhecimento” (VERGNAUD, 1996, apud MOREIRA, 2002). Buscamos identificar, através de uma intervenção, o conhecimento prévio dos alunos e, a partir daí, trabalhar diversas situações, na perspectiva de Vergnaud, onde são aplicadas estratégias de ensino que utilizam tanto instrumentos musicais quanto aparatos computacionais a fim de promover o desenvolvimento de conceitos de Física Ondulatória.

O desenvolvimento da conceitualização se dá de maneira gradual, como prediz a Teoria de Campos Conceituais, pois etapas como a identificação do conhecimento prévio, a exposição do aluno a vários esquemas em diversas situações, a identificação dos conceitos e teoremas-em-ação, assim como a posterior explicitação do conhecimento implícito, são respeitadas e observadas em nosso trabalho.

A intervenção conta com atividades nas quais o aluno é confrontado com situações específicas (a execução de um instrumento musical, por exemplo). Ao observar o uso dos conceitos e demais elementos, que o aprendiz faz por meio da linguagem em forma escrita e falada, queremos identificar o quanto explícitos estão seus invariantes operatórios, e procuraremos trabalhar estes conhecimentos-em-ação, aproximando-os dos conceitos cientificamente aceitos.

A seqüência de procedimentos baseada em referenciais teóricos torna-se observável na aplicação em sala de aula, porém, antes de verificarmos os resultados, é preciso muito planejamento e cuidado ao se selecionar o material para que ele se torne potencialmente significativo e seja utilizado de maneira a alcançar efetiva aprendizagem. Isso e outros detalhes importantes da metodologia deste trabalho vêm descritos no capítulo a seguir.

Capítulo 3 - METODOLOGIA

Vale lembrar aqui o nosso problema de pesquisa, traduzido na seguinte pergunta: a utilização de instrumentos musicais aliados a aparatos tecnológicos seria uma estratégia de ensino eficaz para promover a aprendizagem significativa de conceitos de Física Ondulatória em alunos com dificuldades nesse campo conceitual?

3.1 Características da EJA e influência nas escolhas metodológicas

Lembramos também algumas características do local onde foi realizada a pesquisa, já que esta informação tem influência direta em nossas escolhas metodológicas. A escola onde o estudo foi realizado, como já descrito na introdução, é constituída apenas por turmas da Educação de Jovens e Adultos, no turno da noite. Estas turmas variam, em número, de um semestre para outro, pois é característica da EJA a finalização de um período completo de determinados conteúdos a cada semestre; melhor dizendo, o que chamaríamos no ensino regular de um ano letivo, na EJA esse “ano” é findado semestralmente. Assim, em cada metade do ano letivo regular há uma nova redistribuição de turmas de acordo com o número de alunos matriculados no semestre. Isto é devido, também, ao grande fluxo de alunos matriculados e evadidos.

Nosso interesse maior neste trabalho é mais especificamente pelo “segundo semestre do terceiro segmento da EJA”, o que corresponde ao segundo ano do ensino médio regular. Decidimos por este segmento, para o desenvolvimento de nossa pesquisa, pela ordem natural, já constituída, de conteúdos no ensino médio, no qual os conceitos de Física Ondulatória já vêm sendo trabalhados. A nossa intenção foi a de apresentar propostas de estratégia que visem a promoção da aprendizagem significativa dos conceitos relacionados a ondas. No entanto, defendemos que estes conceitos sejam apresentados logo no início do semestre letivo,

considerando a relação da Física das Ondas como base do estudo de Física da Luz ou Óptica, que também é estudada neste segmento. Contudo, para que não desviemos de nosso foco, voltaremos neste ponto nas considerações finais.

Por hora retornemos às características da EJA, particularmente com relação à mudança do número de turmas, pois isto, em especial, determinou a tomada de uma importante decisão: achamos por certo trabalhar com uma única turma para aplicação e implementação da pesquisa. Decisão esta que, ao fim do semestre letivo verificamos ser acertada, em termos práticos, já que das duas turmas que foram formadas, a nossa continuou com aproximadamente 80% dos alunos freqüentes, enquanto a segunda findou o semestre com perto de 20% daqueles discentes, por razões da evasão característica da EJA. Queremos com isso dizer que, caso tivéssemos optado por uma pesquisa do tipo experimental (LAVILE; DIONE, 1999) com um grupo de controle, comparação entre as turmas, provavelmente teríamos de fazer grandes ajustes durante a investigação, ou reconfigurar toda a pesquisa. A escolha da turma, porém, foi aleatória visto que a direção da escola é quem fez a divisão de turmas e professores no início do semestre de aulas.

3.2 Pesquisa de essência interpretativa

Com esta turma de alunos, na qual cada estudante era ainda escolhido aleatoriamente pelo programa computacional da secretaria da escola e também com escolha aleatória da turma B para o professor de Física (este mestrando), optamos por uma pesquisa essencialmente qualitativa, vistas tais peculiaridades da Educação de Jovens e Adultos e as condições encontradas na estrutura da escola. Levamos também em conta a motivação, que consideramos estar relacionada aos instrumentos musicais, pois isso poderia gerar conflitos entre as turmas o que, obviamente, não seria proveitoso nem para os resultados esperados, nem para escola de maneira geral.

Além disso, vimos numa pesquisa prioritariamente qualitativa, interpretativa, a possibilidade de maior (se comparada à quantitativa) exploração no estudo das características dos Jovens e Adultos quando confrontados às situações, sob a óptica de Vergnaud, as quais têm como foco a ação do indivíduo caracterizada pela explanação de seus conhecimentos-em-ação, neste caso, relativos à Física das ondas. Muitas das variáveis como causas da evasão, diferença em conhecimentos prévios, disposição para aprender e principalmente os invariantes operatórios poderiam não ser evidenciados em números numa pesquisa de essência quantitativa. Vemos um apoio em Erickson (1986, apud MOREIRA, 1999) quando coloca que:

Uma distinção analítica crucial em pesquisa interpretativa é entre comportamento, o ato físico, e ação, que é o comportamento mais as interpretações de significados atribuídas por quem atua e por aqueles com os quais o ator interage [...] o objeto da pesquisa interpretativa social é ação, não comportamento [...].

É claro que não descartamos a importância de uma pesquisa quantitativa e levamos em conta índices, porcentagens e quantitativos que nos auxiliam em interpretações na busca de nossas respostas. Quantitativos de alunos, da evasão, de questões respondidas corretamente ou não em testes, de respostas ao questionário de opinião são exemplos de números relevantes neste trabalho, especialmente quando interagem entre si, e com outras variáveis, para constituir nossa argumentação em torno de uma aprendizagem significativa.

3.3 Recursos utilizados

Durante a nossa intervenção junto aos alunos necessitamos de vários materiais, uns oferecidos pela escola, outros de nosso uso pessoal. A direção da escola mostrou-se solícita a receber o mestrando, que faria naquele local sua pesquisa de ensino e aprendizagem. Deixaram a nossa disposição o uso da “sala de artes”, uma sala maior que as demais e com quadro branco, onde projetamos imagens através do *data show*. Este aparelho também foi deixado disponível para nosso uso, sendo reservado para várias aulas até o fim do

desenvolvimento da pesquisa. Ele foi de fundamental importância neste trabalho, visto que utilizamos muitos vídeos, imagens e softwares o que não seria possível, caso não projetássemos as imagens ampliadas, para visualização de todos os alunos. De nossa parte, utilizamos um computador pessoal com caixas de som multimídia, ainda que a escola oferecesse este recurso. Os instrumentos musicais, cabos de som, gravador de áudio também eram nossos.

As aulas consistiram basicamente da apresentação de novas e diversas situações (na concepção de Vergnaud), onde o aluno foi colocado a questionar, observar, verificar fenômenos ondulatórios produzidos especialmente por instrumentos musicais. Contaram também com o auxílio de recursos audiovisuais (vídeos que mostraram a execução de outros instrumentos musicais e aparatos tecnológicos relacionados a sons e ondas) e computacionais, como a utilização de um software de gravação em estúdio musical; tal programa, gratuito na internet, possibilita a visualização gráfica de ondas em tempo real.

O uso de vários instrumentos musicais nos possibilitou trabalhar com diferentes conceitos, pois cada um desses instrumentos (por exemplo, violão, gaita, pandeiro) consistiu em uma nova situação abordada em constante interação entre o professor e os alunos. Os conceitos são apresentados e trabalhados de forma gradativa, seguindo a hierarquia conceitual do conteúdo em questão, de acordo com a concepção ausubeliana.

3.4 Uma representação do procedimento metodológico

As aulas, que fazem parte desta intervenção proposta pela pesquisa, seguiram um método que, por se repetir, mesmo com variações, pudemos representá-lo na forma de um diagrama. Este diagrama esquemático, apresentado na figura 1, se propõe tão somente a explicitar o fluxo do procedimento adotado durante nossa intervenção, na busca da aprendizagem de conceitos de Física das ondas. Não se constitui um comportamento rígido de

nossa parte durante esta etapa da pesquisa, não é um algoritmo, mas auxilia a mantermos nossa linha teórica e metodológica, onde procuramos preservar as bases conceituais das duas teorias de ensino que nos embasaram em constatações e considerações.

Segue, então, o diagrama de parte de nosso procedimento teórico-metodológico:

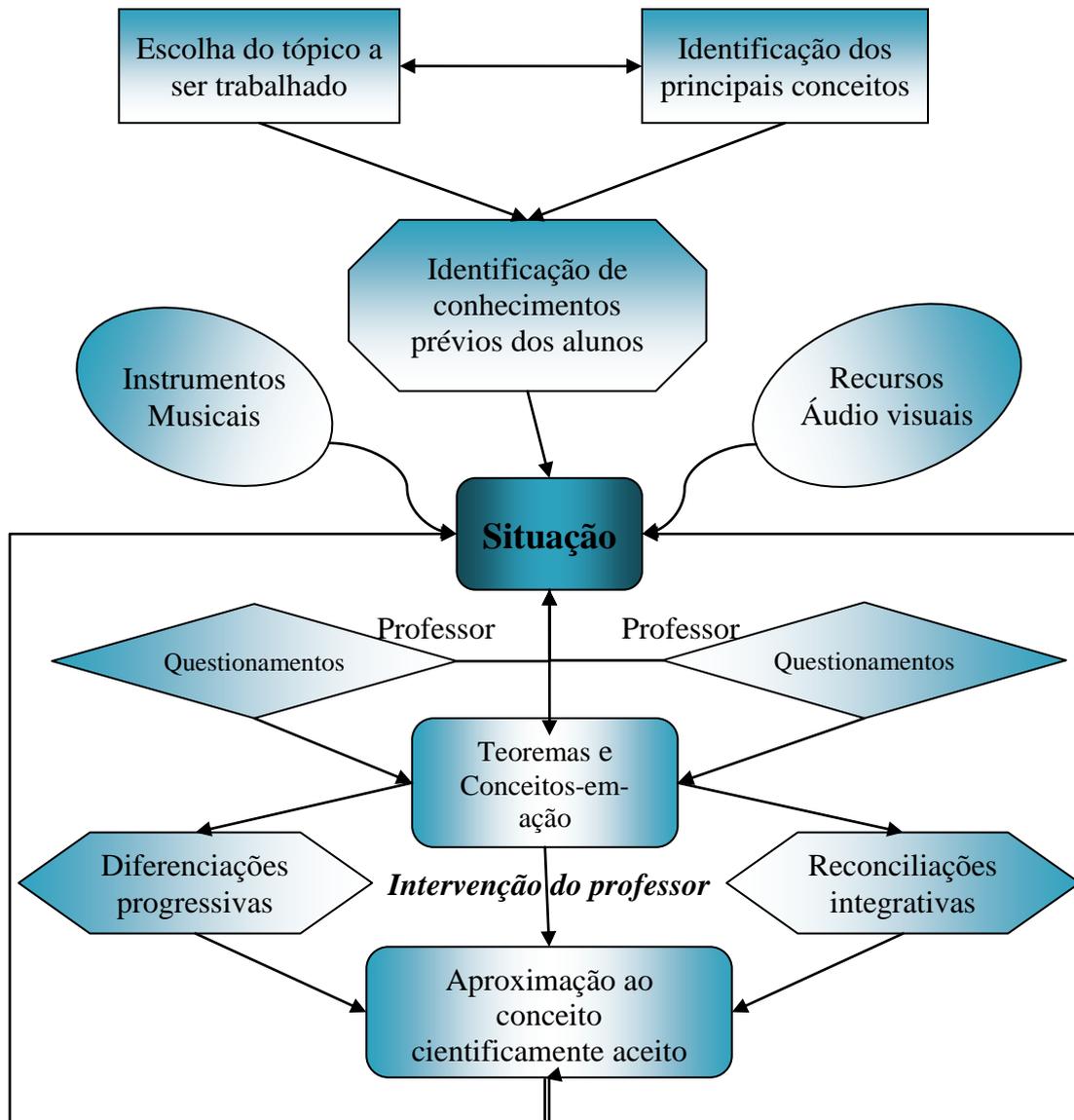


Figura 1: Diagrama da metodologia.

De maneira geral, dentro do mesmo campo conceitual da Física Ondulatória, escolhemos um tópico a ser trabalhando. Deste, que contém vários conceitos, foram identificados os mais relevantes levando-se em conta, também, a idéia de hierarquia

conceitual ausubeliana. A partir daí, procuramos indícios de subsunçores na estrutura cognitiva do aluno através de testes e/ou questionamentos a fim de ancorar os novos conceitos a eles apresentados. Identificado algum conhecimento prévio, ou nenhum, apresentamos a situação a ser resolvida, na perspectiva de Vergnaud. Esta situação além de ser construída de acordo com os prováveis subsunçores presentes, é também elaborada a partir de instrumentos musicais, vídeos, programas computacionais ou a junção de todos eles na mesma situação.

Neste ponto é importante a atuação constante do professor, porque, além de apresentar a situação, ele atua muito próximo dos alunos, fazendo questionamentos. Essa interação é o ponto mais importante da intervenção, pois é ali que o professor faz indagações fazendo com que os alunos observem pontos relevantes naquela situação que lhes foi apresentada, pontos em que o professor saiba da relevância de serem discutidos e, intervindo, procure a devida aproximação ao conceito cientificamente aceito. Para isso, o docente identifica os conceitos e teoremas, que, em ação, tornam-se explícitos para uma atuação consciente do professor sobre estes invariantes operatórios.

A diferenciação progressiva e/ou a reconciliação integrativa ocorrem de maneira gradativa, na medida em que outras situações são propostas com pequenas mudanças (novos símbolos, acréscimo de uma idéia) em relação às primeiras, o que possibilita uma ampliação na gama de esquemas de abordagem do aluno àquela dada situação. O procedimento é cíclico e gradual, pois novas situações serão propostas para o mesmo conceito e para outros novos. Com isso, esperamos estar inserindo o aluno num novo campo conceitual. Por fim, a verificação de uma aprendizagem consistente, duradoura, não-literal nos trará indícios de uma aprendizagem que seja significativa.

Vale destacar alguns pontos de nossa fundamentação teórica já que partimos dela para elaboração deste diagrama, como uma seqüência de procedimentos, os quais procuram viabilizar a promoção e a identificação de indícios da aprendizagem significativa de conceitos

presentes em um campo de estudo. Neste sentido citamos Moreira (2006), quando diz com base em Vergnaud que:

Os conhecimentos dos alunos são moldados pelas situações que encontram e progressivamente dominam. Mas essas situações são cada vez mais complexas. Um campo conceitual é um campo complexo. A única maneira de um sujeito dominá-lo é dominar, progressivamente, situações cada vez mais complexas.

E na relação complexa, na qual se complementam conceitos das teorias de Vergnaud e de Ausubel, Moreira coloca:

As situações são os novos conhecimentos e são elas que dão sentido aos conceitos, mas para dar conta delas o sujeito precisa conceitos, ou seja, conhecimentos prévios. Mas esses conhecimentos prévios ficarão mais elaborados em função dessas situações nas quais são usados. Está aí a interação que caracteriza a aprendizagem significativa, porém em uma óptica de progressividade e complexidade. (MOREIRA, 2006)

Com a realimentação do procedimento (ver diagrama na figura 1), voltando a uma nova situação, ratificamos a idéia de Ausubel, quando coloca que “insistindo na consolidação ou mestria do que está sendo estudado, antes que novos materiais sejam introduzidos assegura-se contínua prontidão na matéria de ensino e sucesso na aprendizagem seqüencialmente organizada” (MOREIRA,1999).

3.5 Aplicação do pré-teste e do pós-teste:

Aplicamos, antes de iniciar as aulas propriamente ditas, um teste, apresentado no apêndice A, com a finalidade principal de fazer um levantamento das concepções prévias dos alunos quanto a diversos conceitos deste campo conceitual que nos propusemos a estudar. Neste sentido, o teste apresenta características diferentes dos pré e pós-teste usados em nossa área de pesquisa, especialmente quando esses são utilizados como instrumento para análise quantitativa do número de questões acertadas e erradas. Fizemos, também, este tipo de

análise, comparando a variação no número de questões respondidas corretamente ou não, mas, estávamos mais interessados na interpretação da atuação dos alunos sobre as questões, o que pode ser analisado no capítulo seguinte. Contudo, mesmo com a característica de um levantamento de conhecimentos prévios, para o pré-teste, e, a característica de uma avaliação do tipo de abordagem feita pelo aluno sobre as questões, no pós-teste, ainda assim, chamaremos de pré-teste e pós-teste, devido ao fato de serem o mesmo teste, ou seja, as questões, nos dois testes eram idênticas.

Procuramos com o com estes testes, além de buscar conhecimentos prévios, que identificados nos auxiliaram na construção do nosso material, outras informações e motivações, visto que acrescentamos questões de tipos diversos como as objetivas, subjetivas, questões de vestibulares, questões com textos grandes e pequenos, questões que exigiam conceitos como pré-requisito de outros conceitos. O teste foi propositalmente heterogêneo, considerando a característica dos alunos da EJA. No entanto, para cada tipo de questão há um objetivo, que terá resultados analisados qualitativamente no capítulo da discussão dos dados.

Foi aplicado o mesmo teste após a intervenção, com a característica de um pós-teste, porém no enfoque qualitativo de análise de cada questão separadamente, onde buscamos não só a aprendizagem dos conceitos, mas também verificar ações dos alunos e características de seus esquemas frente a cada uma das situações representadas nas questões. Contudo, também utilizamos os resultados para construir uma base de análise e comparar a evolução dos conhecimentos dos alunos antes e depois da intervenção.

Essa segunda aplicação foi feita de maneira um pouco diferente da primeira, já que não lemos as questões juntamente com os alunos; deixamos que fizessem isso sozinhos, sem tirar nenhum tipo de dúvidas conosco. Procuramos verificar a maneira como se comportaram em relação ao teste e às características que observamos na primeira aplicação, comparamos à segunda. Vale adiantar parte da discussão, com a importância de um exemplo: ao colocar

questões de vestibulares e destacar este fato durante a leitura junto a eles na primeira aplicação, alguns reclamaram considerando ser questões difíceis já que se tratavam de vestibulares; contudo, na segunda aplicação, mostraram-se satisfeitos por conseguirem compreender o que a questão pedia e conseguirem resolvê-la. Outros fatos relevantes serão discutidos no capítulo pertinente à discussão dos dados.

Após a aplicação do primeiro teste, demos inícios à intervenção que se constituiu em aulas propostas para a verificação de nossa hipótese. Elas foram gravadas e transcritas posteriormente para uma análise pormenorizada e, no capítulo sobre a discussão dos dados, foram identificados os diálogos que explicitaram características desses fundamentos teóricos sobre os quais nos apoiamos para constatar ou não a aprendizagem.

3.6 Sobre a intervenção

Seguindo a estrutura metodológica demonstrada a partir do diagrama da figura 1 discutido anteriormente, apresentamos os tópicos e conceitos trabalhados em situações, os quais estão divididos aqui em quatro categorias:

3.6.1 Tópicos e Conceitos iniciais sobre a Física das Ondas:

Conceitos e termos do campo conceitual da Física Ondulatória como vales, cristas, comprimento de onda, foram apresentados aos alunos sobre a representação gráfica que fizeram de uma onda; contudo, trabalhamos de maneira mecânica, por repetição, sobre ondas transversais diferentes (“dente de serra”, senoidal, “quadrada”). Trabalhamos outros conceitos a partir do uso de molas helicoidais, figuras para comparação entre tipos de ondas, vídeos para identificação de fenômenos ondulatórios, o estouro de um balão e também o uso de um pandeiro para produção de sons e o início do estudo das ondas sonoras. Os tópicos trabalhados foram:

- Onda (representação, fonte geradora);

- Ondas transversais, longitudinais e mistas;
- Ondas mecânicas e eletromagnéticas;
- Amplitude, comprimento de onda, vales e cristas das ondas,
- Propagação, meio material e vácuo;
- Compressão e rarefação nas ondas longitudinais;
- Ciclo de uma onda;
- Tempo de um ciclo;
- Conceitos iniciais identificados em um instrumento musical.

3.6.2 Frequência e qualidade das ondas sonoras

A finalidade de apresentarmos tantas situações ligadas ao conceito de frequência não é devida à dificuldade apresentada pelos alunos para a assimilação do conceito isoladamente e sim pela relação entre este e outros conceitos dentro deste campo conceitual; por isso, é um dos termos recorrente em muitas aulas. Isso pode ser observado nos tópicos a seguir:

- Rotação por unidade de tempo;
- Frequência e período;
- Unidade de medida da frequência;
- Caixa acústica de instrumentos musicais;
- Frequência e padrão vibracional em caixas acústicas de instrumentos musicais;
- Instrumentos de percussão;
- Intensidade sonora, unidade de medida e campo de audição humana;
- Timbre e frequência;
- Frequência de notas musicais e altura do som;
- Escalas musicais e diferenciação quanto ao timbre e altura dos sons.

3.6.3 Equações fundamentais e relação entre grandezas:

Duas equações fundamentais foram trabalhadas de maneira a possibilitar a verificação prática através das visualizações gráficas no *Audacity*, o que nos permitiu variar parâmetros e observar o comportamento ondulatório proporcional a tais variações. Esse procedimento colocado em tópicos nos levou ao estudo da(s):

- Equações fundamentais da ondulatória ($f=1/T$ e $v=\lambda f$);
- Relação de proporcionalidade entre comprimento de onda e frequência em instrumentos musicais;
- Velocidade do som e cálculos com base neste parâmetro;
- Propagação do som em diversos meios,

3.6.4 Interferência, ressonância e batimento

Procuramos mostrar ao aluno, através das situações e dos diversos questionamentos, a relação existente entre a interferência e os fenômenos de ressonância e batimento, com o auxílio de instrumentos musicais, vídeos interativos e do programa de produção de áudio. Esse procedimento da intervenção foi desenvolvido dos tópicos trabalhados:

- Interferência construtiva e destrutiva;
- Afinação de instrumentos musicais e ressonância;
- Produção de ondas sonoras através do *Audacity* e estudo do fenômeno de batimento de maneira gráfica;
- Interferência e relação com fenômenos de ressonância e batimento em instrumentos musicais além de fatos reais observados em vídeos interativos;
- Fenômeno da difração de ondas sonoras.

3.7 Material de apoio e questionário de opinião

Além dos testes aplicados antes e depois da intervenção, utilizamos duas listas de exercícios trabalhadas com os alunos, constituindo situações onde procuramos encontrar esquemas relativos aos problemas textuais apresentados a eles, especialmente sobre conceitos iniciais e equações fundamentais da Física Ondulatória. Estas listas são encontradas nos apêndices B e C.

Juntamente com o pós-teste, foi pedido aos alunos que respondessem a um questionário de opinião sobre como avaliaram nossa intervenção, como também perguntas auto-avaliativas sobre a própria aprendizagem e a frequência em sala de aula. O questionário pode ser consultado no apêndice D e será discutido mais a frente.

3.8 Comentários finais sobre a metodologia

Por ter a EJA a característica de grande evasão de alunos, procuramos, já no planejamento de nossa intervenção, que ela fosse aplicada em um curto período de tempo, a fim de que não houvesse grande discrepância entre o número de alunos no início e no final da intervenção, ou que essa variação de alunos ocorresse dentro de parâmetros razoáveis de aceitação, com pelo menos 70% dos alunos presentes. Além disso, o próprio calendário escolar não nos deu muitas opções para alongarmos o número de aulas para aplicação de nossa pesquisa, visto que estavam previstos semana de jogos interclasses, feira cultural e eventos relacionados à Semana da Consciência Negra. Nossa intervenção terminou exatamente no último dia antes do começo destes eventos.

A montagem e configuração de todos os aparatos utilizados ficaram por nossa responsabilidade. Assim, em média levávamos 15 minutos para deixar os equipamentos prontos para o início da aula, especialmente o projetor de imagens.

Como éramos nós que propúnhamos as situações, chamando assim a atenção dos alunos para questões que julgávamos relevantes na análise da Física presente nos

instrumentos musicais, os alunos em poucos momentos manusearam tais instrumentos, ficando a cargo do professor ou dos vídeos a demonstração de como eles eram executados.

Em uma síntese destacamos pontos relevantes de nossa metodologia na tabela a seguir:

Pontos importantes de nossa Metodologia	Exemplos destes pontos em nossa investigação
Variáveis	<ul style="list-style-type: none"> • Os alunos vão expressar seus invariantes operatórios? • A estratégia vai motivar os alunos a querer aprender? • Heterogeneidade dos alunos quanto à idade e conhecimento prévio (diferença).
Materiais e recursos utilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Instrumentos musicais: violão, gaita, pandeiro; • Computador pessoal; Caixas de som multimídia; • Gravador de som; • Data show; Slides Power Point; • Software livre: <i>Audacity</i>; • Pequenos vídeos interativos; • Balões; Molas espirais.
Características da turma	<ul style="list-style-type: none"> • Heterogênea; • Relação entre alunos: forte entrosamento; amistosa; • Relação professor-aluno: respeitosa; amistosa.
Delineamento	<ul style="list-style-type: none"> • Turma única, pesquisa qualitativa.
Instrumentos de medida/coleta de dados	<ul style="list-style-type: none"> • Diálogos professor-aluno; aluno-professor; • Duas avaliações de aprendizagem escritas; • Duas listas de exercícios; • Uma verificação de aprendizagem oral; • Questionário de opinião dos alunos
Registro de eventos	<ul style="list-style-type: none"> • Gravação em áudio e transcrição de todas as aulas.
Categoria de análise	<ul style="list-style-type: none"> • Prioritariamente qualitativa.
Adversidades na intervenção	<ul style="list-style-type: none"> • Horário das aulas: dois primeiros horários da segunda-feira e último horário da sexta-feira; • Dependência do <i>data show</i>

Tabela 1: pontos relevantes da metodologia aplicada

Enquanto neste capítulo encontramos tópicos do conteúdo da Física Ondulatória colocados de maneira objetiva na descrição da metodologia no capítulo seguinte, podemos verificar uma descrição detalhada dos procedimentos adotados com o uso de todos os recursos que dispusemos para promoção de uma aprendizagem significativa. Neste capítulo seguinte faremos o detalhamento desse material do apoio utilizado em nossa intervenção.

Capítulo 4 – O PRODUTO EDUCACIONAL

Observamos o quão pouco estuda a Física das ondas na EJA e na pesquisa em Ensino de Ciências, neste sentido, na expectativa de uma mudança deste quadro, propomos um material de apoio ao professor como uma estratégia didática para o ensino de tópicos de Física Ondulatória. O material é composto por slides em Power Point que sugerem diversas situações-problema, na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. Essas situações são construídas com o auxílio de recursos audiovisuais tais como vídeos interativos, imagens, softwares e também com o uso de instrumentos musicais, além de muitos questionamentos feitos aos alunos e organizados segundo uma hierarquia conceitual dos tópicos de Física das ondas.

Colocamos a disposição do professor, que porventura utilize este material de apoio, a possibilidade de acrescentar ou retirar vídeos dos slides propostos, da forma que mais adequar às intenções do professor, à cultura e ao interesse dos alunos que irão assisti-lo e analisá-lo. Vale lembrar que a cultura escolhe as notas musicais que lhes agrada, basta comparar, em termos musicais, nossa cultura com a indiana, a chinesa, por exemplo, observando a diversidade de instrumentos musicais e de novas sonoridades, melodias e harmonias. Ademais, cada instrumento traz um diferente conhecimento físico e tecnológico em sua construção, na acústica, uma diferente ciência na execução e a conseqüente análise física dos sons. Moreira I. e Moreira L. (2007) diriam que “são os sons afinados pela cultura que a constituem”.

Para o professor, que ocasionalmente não esteja familiarizado com o recurso da Internet de “baixar” e utilizar vídeos interativos dos sites que alocam este tipo de recurso audiovisual, disponibilizamos na pasta “Como baixar vídeos interativos da Internet?” um

tutorial simples para auxiliá-lo a fazer uso dessa ferramenta na implementação de sua estratégia de ensino.

Outro recurso para trabalhar conceitos de Física Ondulatória é o programa computacional de fácil utilização chamado *Audacity*, também utilizado durante nossa intervenção. Ele é gratuito na internet e livre para uso educacional, permite a visualização de ondas sonoras em tempo real; permite gravar essas ondas para diversas análises junto aos alunos. Dicas de como utilizar este processador de áudio também fazem parte deste material de apoio ao professor.

Este material de apoio necessita do manuseamento de alguns equipamentos eletrônicos e como observamos certo receio da parte de professores durante a utilização deste tipo de aparato, acrescentamos ao material dicas para o uso do data show, computador, caixas de som, gravador digital, cabos de som e a montagem destes aparatos tecnológicos.

Nossa intervenção foi baseada nos slides, que nos serviram, e aos alunos, como guia dos estudos, pois traziam, além da situação quando apresentada em vídeos interativos e imagens juntamente com questionamentos primeiros, como também apontamentos para análises em outras situações externas àquelas apresentadas pelo computador.

4.1 Descrição das aulas e material de apoio ao professor

A descrição das aulas a seguir trazem comentários que consideramos pertinentes e que foram incluídos no material de apoio, que ficará disponível para uso público na forma de um CD-ROM, assim como colocações que fizemos além dos slides utilizados durante a intervenção. Ainda foram acrescentados a estes slides imagens e pequenos vídeos filmados para que o professor, ao utilizar o material, tenha à sua disposição todas as situações da intervenção, inclusive as externas ao computador e, especialmente, aquelas nas quais fizemos uso dos instrumentos musicais.

Vale lembrar que as situações propostas procuram fazer com que o aluno explicita seus conhecimentos-em-ação para que o professor procure fazer com que eles evoluam para aqueles cientificamente aceitos; assim, as questões sugeridas nas aulas poderão funcionar como estímulo ao professor e ao aluno para uma discussão em torno dos conceitos, por nós considerados como essenciais. As aulas estão dispostas na seqüência na qual foram apresentadas (com aulas duplas e simples), podendo o professor, ao utilizar o material, desmembrá-lo de acordo com sua carga horária.

Antes do detalhamento das aulas cabe ainda ressaltar que esta leitura deve ser feita considerando-a uma proposta de estratégia de ensino; assim, ora narramos nossa experiência, ora sugerimos abordagens didáticas ao professor que decida por utilizar esse material.

Aula 1 e 2 (dupla):

Essas aulas são posteriores à aplicação do pré-teste.

As aulas tiveram início quando solicitamos que os alunos se acomodassem de maneira tal que formassem meia circunferência ao redor da sala, deixando livre o centro. Fazemos uma breve introdução sobre o tema Física Ondulatória.

Já montado todo o aparato (computador, data show, e caixas multimídia), iniciamos um vídeo musical, no qual mais de dez instrumentos musicais foram executados ao mesmo tempo durante uma música. Foi solicitado que os alunos identificassem todo e qualquer tipo de onda existente naquele vídeo, apresentado na figura 2, como também, todos os instrumentos, de acordo com o tipo funcionamento deles (corda, sopro, percussão).



Figura 2: Vídeo para identificação de instrumentos musicais e seu funcionamento

Desejávamos, com isso, verificar mais uma vez o quê o aluno associa às ondas. Há apenas ondas sonoras? Luminosas? O quê de Física ele enxerga na situação apresentada? Após o registro e a explicitação de suas observações, iniciamos o trabalho conceitual mais específico da Física das ondas e, partindo de diversos exemplos de tipos de ondas, identificamos possíveis invariantes operatórios relacionados a elas.

Já dispostos em círculo, explicamos que a primeira experiência simples consistiria em uma frase que seria dita a um aluno e este repassaria ao que estivesse a seu lado e assim sucessivamente. Quando tal frase chegasse ao primeiro que a pronunciara ele iria colocá-la em prática. A frase dita é a seguinte: “depois que eu me levantar você se levanta e senta. Passe adiante”.

Esperamos a formação de uma onda, chamada popularmente de “ola”, como mostrado na figura 3.



Figura 3: Formação de uma “onda humana”.

Neste exemplo simples procuramos identificar o conceito de propagação. Mesmo que seja de uma frase ou um comportamento que se propague, este conceito é de extrema importância e pressuposto para a proposição do teorema que considera a onda como uma perturbação de que se propaga no espaço. Vale lembrar que o termo propagação foi questionado ao professor por quatro alunos já durante a aplicação do teste para verificação de conhecimentos prévios.

A fim de fazer com que conhecimentos-em-ação fossem explicitados pelos alunos, foram colocadas questões como:

- O que se propagou?
- Isto que formamos é uma onda periódica ou apenas um pulso?
- Quem ou o quê gerou a onda ou pulso?
- Qual foi a fonte geradora?
- E se essa fonte gerar um novo pulso a cada 3 segundos, o que acontece?
- Através de que meio essa onda ou pulso se propagou?
- E ainda, como representar essa onda?
- Quanto tempo, aproximadamente demorou um ciclo completo dessa onda?

Um vídeo sobre a colocação e queda de milhares de dominós é apresentado para diferenciação de um pulso e uma onda periódica.



Figura 4: Vídeo mostra a queda de 4519 dominós.

Com isso chamamos atenção para que eles observassem características em ambas situações como o meio de propagação, a fonte propagadora e a relação de tempo e espaço para tais propagações. A finalidade era a de que pudessem promover a ancoragem das novas informações, apresentadas nas situações, aos seus subsunçores, conseqüentemente a possível reconciliação integrativa dos conceitos presentes na sua estrutura cognitiva e, assim, a consolidação do conceito de ondas.

Além da situação da “onda humana”, outras voltadas a conceitos essenciais relativos a ondas foram apresentadas para observação e associação, por parte do aluno, a diversas possibilidades ondulatórias:

- Ondas em uma mola espiral;
- Ondas em um lago;
- A luz representada num raio laser.

Ressaltamos que não houve um aprofundamento conceitual sobre cada uma dessas condições ondulatória, tão somente abordados para introdução a este campo conceitual e identificação das características primeiras de uma onda (sobretudo ligadas à fonte e meio de propagação). Notadamente, a razão para não aprofundarmos é o nosso interesse em focar sobre ondas sonoras.

Colocadas todas as situações já apresentadas, numeradas em ordem de apresentação, em um *slide* que foi projetado, repetimos os questionamentos para que se identifique a correta associação e diferenciação entre as características das ondas observadas; procuramos a explicitação dos invariantes operatórios pertinentes.

Fizemos uso de uma estratégia que, a nosso ver, leva a uma aprendizagem mecânica no que se refere aos conceitos que envolvem nomenclatura e conceitos relativamente simples usados na representação das ondas, como amplitude, comprimento de onda, vales, picos e pulsos. Acreditamos, contudo, que o uso freqüente e eficaz destes termos, no trato com os

fenômenos ondulatórios, tornaram seu entendimento consistente e significativo. Foram apresentados todos os conceitos necessários à introdução no campo conceitual da Física Ondulatória em um primeiro momento, numa imagem estática de uma onda representada por uma aluna na tela do software chamado *Paint*⁷, onde os identificamos junto aos alunos. Em um segundo momento, com o software *Audacity*, geramos uma onda senoidal, outra do tipo quadrada e outra “dente de serra”. A repetição dos termos e propriedades relativas a esses diversos tipos de ondas foi, então, a estratégia para promover a aprendizagem destes conceitos.

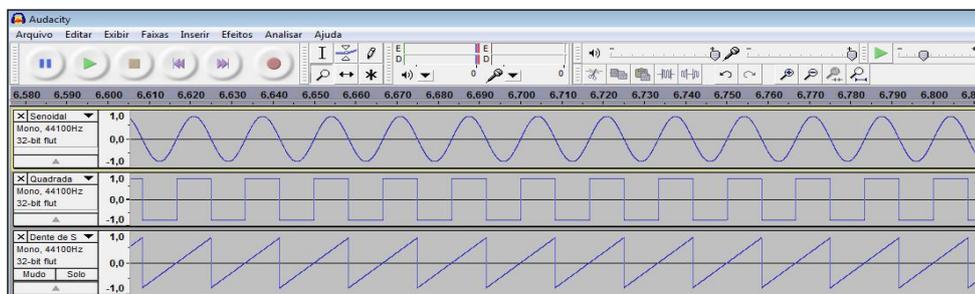


Figura 5: Identificação de características ondulatórias em ondas transversais tipo senoidal, quadrada e dente de serra, de 60hz no *Audacity*.

Em seguida, uma nova e simples situação foi apresentada: o estouro de um balão, como mostra a figura 6. Questionamos se houve a produção de uma onda. De que tipo? Pode-se dizer que é igual a da água ou a da corda?

Diante da situação conflitante colocada, procuramos desenvolver e mostrar a diferença entre ondas transversais, aquelas apresentadas antes, e ondas longitudinais, como também a direção de propagação delas. Mais especificamente, a relação entre pressão e regiões de compressão e rarefação do ar circundante à fonte que gera tais ondas longitudinais.

⁷ Paint é um programa, o qual é instalado em computadores pessoais juntamente com o sistema operacional Windows e usado para desenhar, colorir e editar imagens.

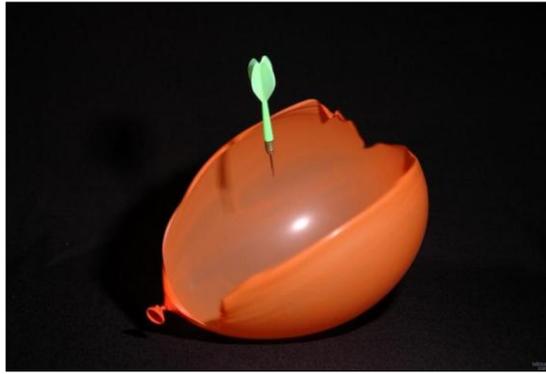


Figura 6: estouro de balão.

Por que você ouviu um som tão intenso? O que acontece com o ar próximo ao balão, quando este é estourado? E se você soltar o ar do balão sem estourá-lo? Por que não faz barulho? Essas foram algumas das questões-base que nos auxiliaram a deixar explícita a compreensão do aluno quanto aos conceitos propostos.

Um vídeo, representado na figura 7, que compara de forma dinâmica os dois tipos de ondas e que, inclusive, nos permite fazer a associação representativa da onda longitudinal de forma transversal, foi apresentado depois que os alunos demonstraram, em maioria, a compreensão quanto a diferença característica destas ondas.

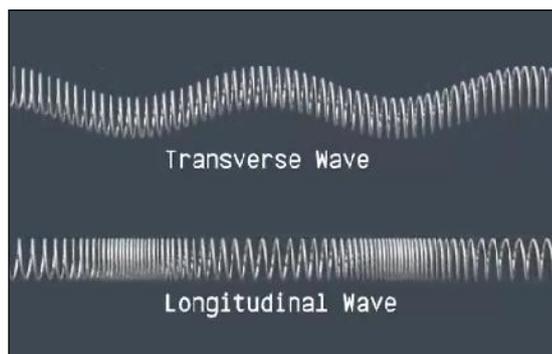


Figura 7: Comparação entre onda transversal e longitudinal.

Por último, um instrumento de percussão, o pandeiro, foi utilizado como fonte de ondas sonoras ritmadas, através do qual solicitamos que identificassem os conceitos já apresentados, servindo-nos como conclusão destas duas primeiras aulas e chamamento para aulas seguintes, nas quais haveria uma maior utilização de um instrumento musical.

Aula 3 e 4

Nesta aula foi tratado o conceito de frequência e sua relação com o comprimento de onda, velocidade e período, inclusive matematicamente. Esperávamos que neste momento o aluno já tivesse em sua estrutura cognitiva subsunçores adquiridos nas situações anteriores em relação ao termo frequência, mesmo sem defini-lo, assim como alguns conceitos subjacentes e chegasse nesta aula munido especialmente de dúvidas quanto a este importante conceito do campo conceitual da Física Ondulatória.

Nesta etapa relacionamos a frequência à quantidade de ciclos por unidade de tempo, o que foi ilustrado pelas imagens da figura 8. Utilizando exemplos como o da frequência de translação da Terra, de um objeto (preso a um barbante) sendo girado em movimento circular, do movimento pendular, e assim sucessivamente até chegar a movimentos que sejam mais bem caracterizados por medida em unidades de segundo. A partir daí, colocamos o conceito de Hertz (Hz). O aprofundamento na idéia de frequência foi feito com o auxílio do aparato matemático necessário.



Figura 8: Imagens estáticas que relacionam rotação à unidade de tempo.

As aulas 1 e 2 anteriores terminaram com a utilização de um pandeiro para produção de sons. Os instrumentos de percussão, representados na figura 9, trazem conteúdo de Física bastante complexo, de difícil análise. No entanto, pudemos mostrar que estes instrumentos possuem padrões característicos de vibração. Alguns destes padrões foram apresentados em forma de imagens aos alunos nesta aula. Dois vídeos também foram utilizados para mostrar

diferentes padrões de vibração observados a partir de uma fonte de frequência variável. Associamos estes vídeos aos instrumentos de percussão e também a instrumentos que possuem caixa acústica.



Figura 9: Padrão vibracional em instrumentos de percussão (GASPAR, 2000)

Sabemos que as caixas acústicas de violões, violinos, pianos também possuem tais padrões vibracionais, o que influencia o timbre, altura e intensidade do som. Utilizando um violão, perguntamos aos alunos o porquê da existência daquela caixa no instrumento. Procuramos, com isso, identificar características fisiológicas do som, como aquelas já citadas, e também fazer com que os alunos consigam expressá-las de maneira adequada, no campo conceitual da Física Ondulatória.

Para que concluíssem pela necessidade do uso de uma caixa acústica, os alunos foram colocados diante da situação na qual pudessem esticar (tencionar) uma corda e percuti-la sem a caixa ressonadora e, em seguida, com a caixa. Foram questionados novamente sobre o porquê do uso da caixa. Nesse ponto é que foram apresentadas mais imagens, como a da figura 10, que mostram os padrões vibracionais especificamente na caixa acústica do violão e/ou violino (por semelhança).

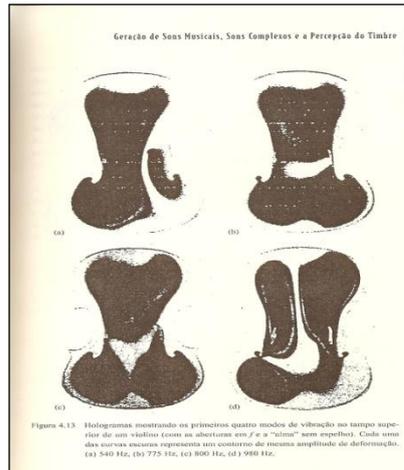


Figura 10: Padrões vibracionais em violinos (ROEDERER, 2002).

A diferença “confusa” que é apresentada no uso cotidiano pelos alunos e por pessoas de maneira geral, quanto aos termos intensidade e altura do som foram abordados progressivamente, utilizando o violão e seus trastes (marcações no braço do instrumento, em que a medida que se diminui o comprimento da corda, pressionando-os, torna-se o som mais agudo).

Cada uma dessas notas foi gravada pelo programa *Audacity*, como o exemplo mostrado na figura 11. Este programa permite identificar, precisamente, a frequência da onda apresentada. Assim, na medida em que fomos tencionando a corda nos diferentes trastes, os alunos foram identificando o aumento ou a diminuição da frequência ou altura da nota.

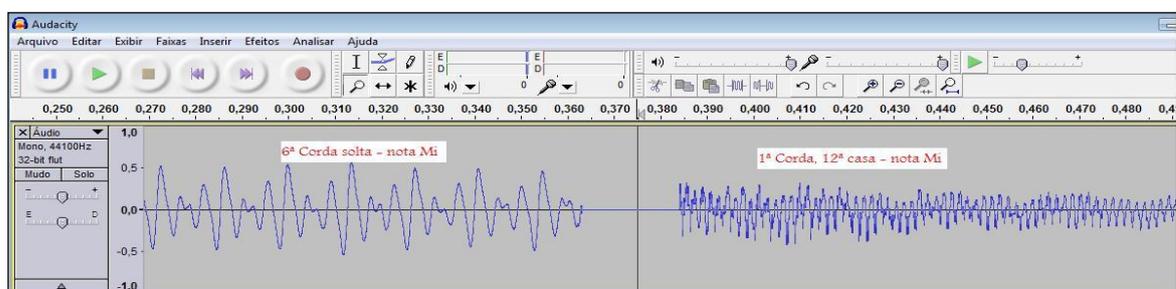


Figura 11: Audacity mostrando variação da frequência e comprimento de onda em notas musicais emitidas por violão.

Acreditamos que questionamentos em situações variadas como no uso do violão e na observação das ondas, tanto do programa quanto nos vídeos, auxiliam para a diferenciação progressiva entre os conceitos, identificados numa compreensão “confusa” já no teste de conhecimentos prévios. Durante as aulas acrescentamos questões simples e diretas, objetivando apenas diferenciar subsunçores já presentes na estrutura cognitiva dos alunos: este som é forte ou fraco em relação àquele? Grave ou agudo? Alto ou baixo? Muito intenso ou pouco intenso? Obviamente, levando em consideração a abrangência dos conceitos, foram dados valores de referência para tais questões. A cada questão associamos o conceito gerador da pergunta. Por exemplo, no questionamento quanto ao som “alto ou baixo”, o conceito relacionado é a frequência dele, diferenciando-se da intensidade que já seria questionado com “forte ou fraco”.

Para verificar a aprendizagem significativa, sugerimos a um aluno que produzisse um som muito intenso, a outro que produzisse um som menos intenso; a outro um som alto, um som mais baixo que o anterior. Caso o aluno tivesse feito a diferenciação necessária em relação ao subsunçor trazido como conhecimento prévio, saberia produzir os sons solicitados pelo professor. Reafirmamos que, neste ponto, não procuramos apenas que o aluno deixe de dizer que ouviu “um som alto”, quando deveria dizer intenso, mas que a expressão correta facilitaria sua inserção e trânsito pelo campo conceitual da Física Ondulatória, já que a confusão entre estes conceitos poderia provocar uma má interpretação no meio musical ou em instâncias que utilizasse teoremas e conceitos relativos às ondas.

Questionamos sobre o conceito de timbre de maneira direta e esperamos que alguns soubessem (senso comum) que é o que diferencia, por exemplo, uma voz de uma pessoa da outra. Mas por que existe esse timbre? Essa diferenciação? Se duas notas musicais têm mesmo “tom” (frequência) como diferenciar os dois?

Gravamos a voz de dois alunos dizendo a mesma frase e analisamos, através do software, o espectro de frequência dos alunos, identificando as diferenças, a sobreposição (composição) de várias ondas. Aproveitamos as ondas emitidas pela voz dos alunos para, de maneira recorrente, passar pelos conceitos de amplitude, comprimento de onda, cristas e demais características das ondas observadas nas aulas 1 e 2.

Em seguida, caracterizando outra situação, emitimos uma nota *Lá* no violão, que tem a frequência de 440 Hz. Essa onda sonora foi gravada e apresentada numa onda transversal no programa *Audacity*. Ainda utilizando os recursos deste programa, foi gerada uma onda “limpa” de frequência também 440 Hz, como traz a figura 12.

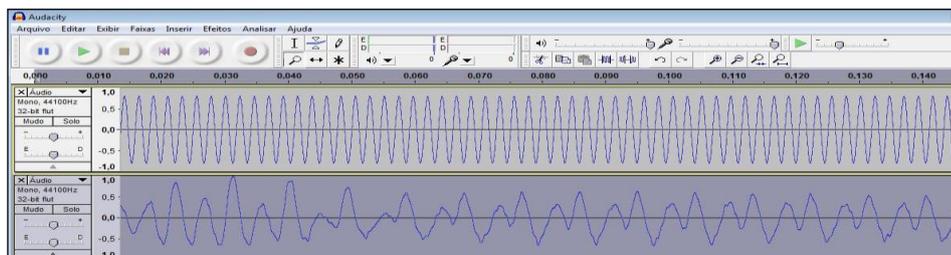


Figura 12: Comparação de nota musical Lá (440hz) produzida pelo programa e gravada a partir de um violão:

Os alunos foram levados a comparar as duas ondas. Aquela fundamental e a do violão, composta pela primeira, mais outras, inclusive aquelas produzidas na caixa acústica. Conduzimos a observação e a comparação das ondas fazendo questionamentos em relação às diferenças presentes em ambas.

Aula 5

Na aula de número 5 foi aplicada uma lista de exercícios na forma de um questionário com a finalidade de uma primeira verificação da aprendizagem dos conceitos relacionados à frequência, altura, intensidade, timbre, unidades de medidas do som e suas relações.

Esses exercícios, além de visarem identificar a possível diferenciação progressiva na estrutura cognitiva dos alunos quanto aos conceitos expostos, também tinham o objetivo de

promover pequenos ajustes quanto à hierarquia conceitual relativa à Física Ondulatória. Entendemos que, sendo de grande importância no campo conceitual, o conceito de frequência, base da compreensão dos conceitos seguintes, deveria ser bem compreendido para um futuro desdobramento em outros conceitos.

Assim, esta lista de exercícios, presente no Apêndice B, fez parte do processo de aprendizagem significativa, visto que contribui para a manifestação do entendimento dos alunos, enquanto se configurava como nova situação.

Aulas 6 e 7

No início da aula seis, revimos junto aos alunos algumas de suas respostas do questionário aplicado na aula de número 5. Utilizamos um instrumento musical (uma harmônica, também chamada de gaita) como nova situação a fim de proporcionar ao aluno e ao professor maneiras concretas que se fizessem necessárias a explicações de ordem prática dos problemas e diferenciações entre os conceitos que ainda apresentassem inconsistências quanto ao entendimento. Neste caso sugerimos, se possível, a valorização de conhecimentos musicais dos próprios alunos, oportunidade na qual o professor poderia solicitar tons, escalas e pequenas músicas ao aluno que se dispuser a participar contribuindo com o instrumento musical com o qual estiver familiarizado.

Em seguida, na aula sete, apresentamos equações fundamentais da Física Ondulatória. As equações $f=1/T$ e $v=\lambda f$ foram trabalhadas de forma gradual enquanto remetíamos os conceitos presentes nestes teoremas aos instrumentos musicais e os recursos audiovisuais, assim, para cada variável, era apresentada uma situação com instrumento musical, neste caso utilizando a gaita.

Por priorizar ondas sonoras, chamamos a atenção dos alunos para o fato de que as equações anteriormente citadas podem ser usadas tanto para ondas propagadas pelo ar quanto

para ondas se deslocando em meios diversos. Salientamos a eles que em casos bastante específicos, os quais não foram nosso foco, poderíamos, também, calcular com maior precisão a velocidade de ondas sonoras levando em consideração a densidade e a elasticidade do meio.

Foram apresentadas imagens em um vídeo, representado pela figura 13, que mostraram efeitos e fenômenos devidos a velocidade de propagação do som no ar. Como exemplo, o tempo decorrido entre uma explosão, distante em relação a um referencial fixo, e o momento em que se ouve tal estrondo; aviões a jato “quebrando a barreira do som”.



Figura 13: Vídeo, que mostra aviões à jato ultrapassando a “barreira do som”.

Sabendo o valor aproximado da velocidade do som e com o vídeo, que mostrava uma explosão (figura 14) os alunos calcularam a distância de tal explosão até a pessoa que acionou o detonador (onde estava a câmera filmadora); para isso, cronometraram o tempo decorrido entre a explosão e a chegada da frente de onda.



Figura 14: Vídeo que mostra uma explosão para cronometragem de tempo e cálculo da distância do evento.

Depois de utilizada a equação de velocidade média, que já havia sido estudada no primeiro semestre do terceiro segmento da EJA, fizemos os ajustes para inserir as variáveis ondulatórias.

Em seguida, verificamos a validade da equação através do programa *Audacity*, o que nos permitiu variar a velocidade de deslocamento de uma onda, gravada através da música tocada em uma gaita e representada transversalmente em sua tela principal. Fizemos uso deste recurso para que os alunos pudessem acompanhar e verificar a aplicação precisa das equações, pois enquanto eles confirmavam que o aumento da velocidade gera um aumento proporcional da frequência podiam, também, confirmar essa propriedade das ondas em termos práticos. Assim, por exemplo, duplicamos o valor da velocidade da onda e verificamos que a nota ou tom tornou-se mais agudo. A figura 15 indica, em vermelho, o recurso utilizado no programa.

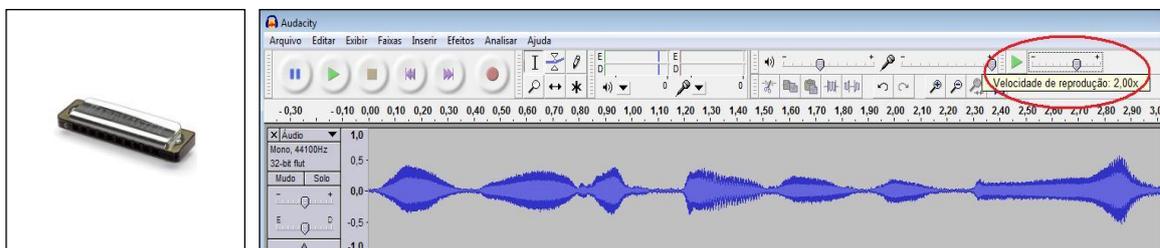


Figura 15: Audacity mostrando música gravada através de uma gaita, a partir do programa foi variada a velocidade de passagem da onda.

Ao configurar essas situações, acreditamos tornar menos abstrata a relação, que já se mostra difícil para o aluno no primeiro ano do ensino médio, entre velocidade, espaço e tempo. Agora, com outros símbolos, outras representações e interpretações voltadas à Física Ondulatória.

Aula 8

Os conceitos de comprimento de onda, período, frequência e velocidade foram estudados até este ponto da intervenção. Nosso objetivo com a aplicação de uma segunda lista

de exercícios (apêndice C), além de revisar estes conceitos, foi trabalhar a proporcionalidade entre eles e a interpretação física dos resultados obtidos através da análise matemática em equações.

Problemas em forma textual, que também configuram situações diferentes, foram trabalhados até que o aluno alcançasse uma esperada autonomia para resolvê-los. A princípio, acreditamos que a aprendizagem se mostrou mecânica, visto que os alunos identificavam valores nos problemas e os substituíam nas equações correspondentes. No entanto, acreditamos que essa aprendizagem se tornou significativa na medida em que variamos as situações. Consideramos essencial o fato de o aluno conseguir se expressar, analisando por si mesmo a situação e o resultado encontrado, percebendo, assim, a proporcionalidade entre os conceitos apresentados nos problemas.

Apesar do número de alunos ter sido relativamente grande (mais de 20), nós os acompanhamos de maneira bem próxima durante a resolução dos problemas, onde acrescentávamos indagações e procurávamos fazer com que eles aproximassem o que já sabiam daquele conhecimento ou procedimento que poderiam adotar para encontrar a solução das questões.

Aula 9 e 10

Nessas aulas continuamos a resolver problemas que relacionassem a frequência ao comprimento e velocidade das ondas (o período delas). As questões trouxeram situações observadas em instrumentos musicais. Durante a resolução dos problemas, os alunos explicitaram como estavam operando sobre tais problemas, evidenciando seus esquemas através de seus conhecimentos-em-ação, enquanto procurávamos tornar estes conhecimentos mais próximos daqueles cientificamente aceitos.

Em outra parte desta aula, continuamos a avaliação dos conceitos vistos até aquele momento, porém, em forma de diálogo. Com um violão em mãos, tocamos duas escalas

musicais diferentes (uma relacionada ao tipo de música *cigana* e outra de *blues*) e questionamos quanto ao timbre do violão. Questionamos sobre a diferença entre altura e intensidade sonora, frequência e notas musicais, propagação do som, ondas sonoras. Enfim, interagindo com os alunos, buscamos seus conceitos e teoremas-em-ação, fazendo diversos questionamentos diante das situações colocadas através deste instrumento musical. Essa parte da intervenção também está presente no capítulo da discussão de dados.

Aula 11 e 12:

Produzimos situações nas quais os vários conceitos já apresentados até aqui valeram como subsunçores para conceitos mais elaborados como o de interferência, batimento e ressonância das ondas.

Para apresentar aos alunos a ocorrência do fenômeno de interferência nas ondas, primeiro mostramos imagens de ondas bidimensionais em uma cuba com água e a interferência destas ondas formando os padrões característicos deste fenômeno, como mostrado na figura 16. Os alunos foram questionados se esse fato também ocorre em ondas de som. Como identificá-lo, então?

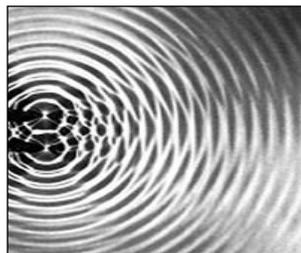
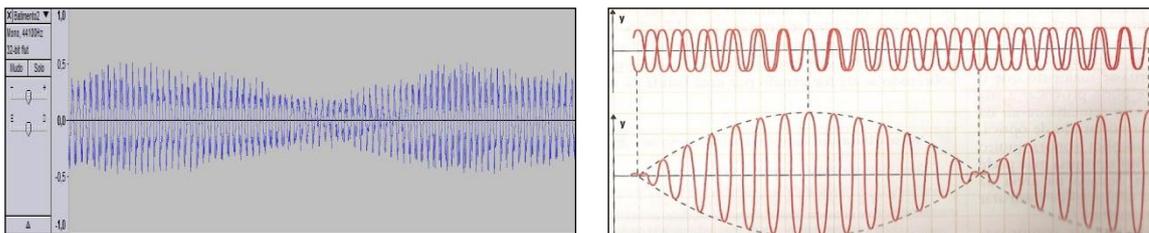


Figura 16: Imagem estática sobre interferência.

Em seguida propusemos um experimento demonstrativo usando aparatos computacionais. Com o programa *Audacity*, geramos duas ondas de frequências muito próximas (120 e 122Hz). O computador foi ligado a duas pequenas caixas de som, distantes cerca de 60 cm uma da outra. Cada uma delas emitiu uma frequência diferente, gerando o

efeito de batimento, caso conseqüente do fenômeno de interferência. Alguns alunos foram convidados a percorrer diferentes pontos da sala de aula e identificar os locais onde percebiam uma maior ou menor intensidade do som.

De posse de um pequeno gravador de sons, percorremos por estes pontos identificados pelos alunos e gravamos o som produzido. Em seguida, transferimos esta gravação para o mesmo programa gerador de ondas e identificamos, visualmente, se realmente estes pontos apresentavam ondas de baixa amplitude, sons fracos; mais fortes em outros locais. Fizemos uma comparação entre figuras estáticas onde são mostradas as interferências construtivas e destrutivas (slide), caracterizando os pontos de amplitude elevada e de baixa amplitude observadas na representação ondulatória mostrada no programa e representado na figura 17. Este experimento visou mostrar que o fenômeno de interferência ocorre também com ondas sonoras, ainda que de mais difícil identificação em relação a ondas de rádio; porém, como exemplo de aplicações práticas, citamos indústrias, onde a sua linha de produção emite sons muito intensos e, para diminuí-los, interferências sonoras são geradas propositalmente a fim de criar pontos de interferências destrutivas e amenizar a intensidade do som onde há mais trabalhadores aglomerados.



Figuras 17: Imagens do Audacity e de um livro didático (GASPAR, 2000) para comparação do fenômeno batimento

Para apresentar o fenômeno de ressonância, foram mostrados vídeos clássicos como o da queda da “Ponte de Tacoma”, ilustrado na figura 18, e, também, sobre a quebra de uma taça de cristal devido a este fenômeno. Foi, então, questionado o porquê da ocorrência destes dois fatos. Esperávamos que já trouxessem, como conhecimento prévio, alguma relação entre

o que foi observado nos vídeos e a ressonância. Assim, procuramos aproximar o conceito-em-ação explicitado por eles com o conceito cientificamente aceito.



Figura 18: Vídeo sobre a queda da ponte sobre o estreito de Tacoma e o fenômeno de ressonância.

Ainda para trabalhar tal conceito utilizamos também o princípio usado por instrumentistas musicais para “afinar” seus instrumentos musicais. No caso do violão, emitindo a nota Lá (quinta casa da sexta corda de um violão e de frequência 440hz), afinamos a quinta corda, que deve vibrar com essa frequência. Mostramos que, quando afinada, e a frequência fundamental da corda estiver igual à corda de cima pressionada, esta corda solta deve vibrar sem que seja necessário tocá-la.

Usamos o recurso da câmera digital do computador para ampliar (zoom) a imagem da vibração da corda, apresentando aí um fenômeno característico da ressonância, decorrente, também, do aumento da amplitude de vibração da onda. Estas situações foram filmadas antes da aula e inseridas nos slides, para que pudéssemos mostrar, com clareza, que as frequências das duas notas são praticamente iguais e dali decorria a ressonância. Também gravamos e comparamos estas ondas com o auxílio do software pois, através destas situações, esperávamos que o aluno identificasse este fenômeno em outras oportunidades. Voltamos, por exemplo, ao fato de que a ressonância também ocorre nas caixas dos instrumentos musicais, que antes chamamos simplesmente de caixas acústicas e após as situações, poderíamos nomeá-las caixas ressonantes.

Retornando ao violão, aproveitamos para mostrar o fenômeno de batimento, mais uma vez, através deste instrumento, apenas desafinando um pouco uma das cordas, o que a deixou com uma frequência bem próxima da outra e, tocando-as juntas, o som produzido representava um evidente batimento.

Aula 13

Dedicamos esta aula para uma pequena revisão; tínhamos apenas 25 minutos para ela e fizemos, novamente, um questionário oral, após escrever no quadro vários dos conceitos vistos em sala. Mais uma forma avaliativa de verificar a inserção dos alunos no campo conceitual da Física Ondulatória, uma verificação da aprendizagem dos conceitos ao propomos diversas situações, haja vista a idéia de Vergnaud de que um conceito só adquire sentido se relacionado a várias situações.

A metodologia empregada neste Produto Educacional faz a ligação entre nossas perguntas iniciais e a verificação, ou não, da hipótese que acreditamos poder respondê-las. Faz a ponte entre nossos fundamentos teóricos e a prática em sala de aula. Assim, a partir da intervenção promovida com o auxílio deste material, obtivemos nossos resultados de pesquisa, sobre os quais apresentaremos uma discussão no capítulo seguinte, com base nas teorias de aprendizagem que fundamentam este trabalho.

Capítulo 5 – ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO

Identificar o que os alunos já conhecem e ensinar a partir daí; aproximar os conhecimentos explícitos daqueles que são cientificamente aceitos. É neste sentido e com base na TAS e na TCC que segue nossa discussão sobre os dados que obtivemos a partir dos resultados dos testes aplicados, da transcrição das aulas referidas no capítulo da Metodologia ou da opinião dos alunos.

Foram aplicados durante nosso trabalho dois testes sendo um antes da intervenção e o mesmo teste, após a intervenção (pré-teste e pós-teste).

5.1 O pré-teste e o pós-teste:

Os pré e pós-testes, os quais foram aplicados antes e depois da intervenção, contam com 10 questões, as quais representam situações variadas tanto em diversidade de conceitos analisados, quanto na forma na qual os alunos deveriam abordá-las. São questões de marcação de uma única resposta em múltipla escolha, de certo ou errado, como também questões discursivas e questões de vestibulares.

Vale destacar que, em todos os gráficos apresentados a seguir, aqueles ligados aos testes anteriores à intervenção contam com a presença de 22 alunos participando suas respostas no teste, já no teste posterior à intervenção esse número subiu para 27 alunos.

Seguem abaixo nossa análise dessas questões, que são encontradas integralmente no apêndice A:

5.1.1 Questões discursivas:

Foram três questões discursivas, nas quais procuramos identificar conhecimentos-em-ação nas respostas dos alunos.

Questão 1: O que é uma onda?

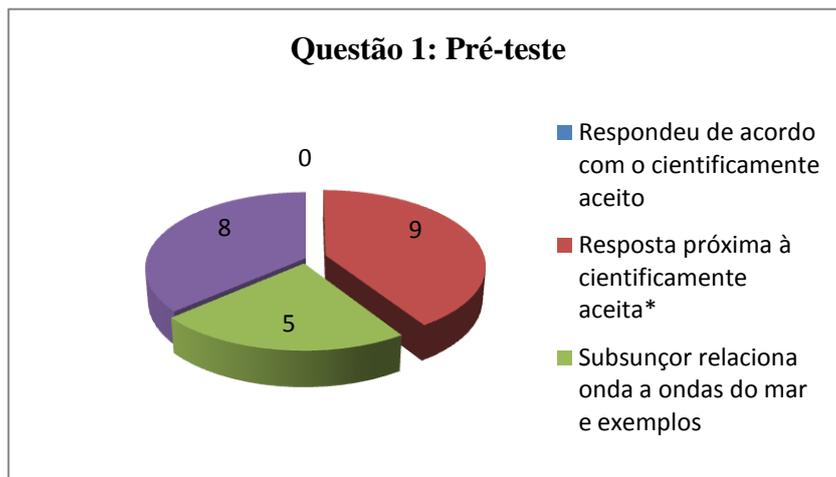


Figura 19: Gráfico de respostas à questão número 1 do pré-teste: “O que é uma onda?”, em número de alunos.

Destacamos a ausência de respostas próximas às cientificamente aceitas, ou seja, neste caso, que se aproximasse de idéia de uma propagação de uma perturbação em um meio; verificamos conflitos entre conceitos e pouca precisão na utilização deles; também foram identificados subsunçores relacionando ondas apenas a ondas do mar e sonoras, o que não se verifica no gráfico da figura 20, do pós-teste.

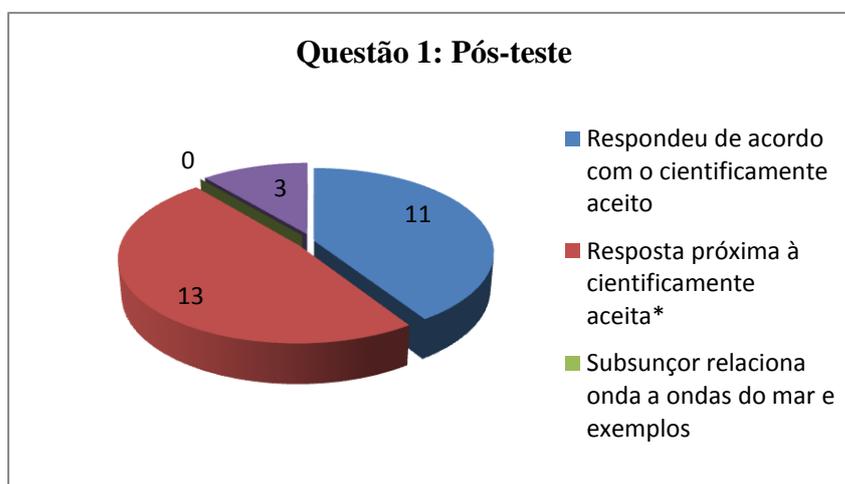


Figura 20: Gráfico de respostas à questão número 1 do pós-teste: “O que é uma onda?”, em número de alunos.

Nos pré e pós-testes encontramos casos como os expressos por uma aluna, que explicita uma evolução conceitual, se aproximando daquele cientificamente aceito, sobre

ondas, nos seguintes teoremas-em-ação: “*é onda sonora, é um timbre, algo muito alto*”(antes); “*é uma perturbação se propagando num meio*”(depois) .

Trabalhamos as idéias de perturbação, de meio de propagação, de fonte geradora de um pulso e demais conceitos e representações adjacentes ao conceito de ondas, em diversas situações, na perspectiva de Vergnaud e, ainda que nem todos os alunos expressassem em um teorema-em-ação preciso como o cientificamente aceito (estes foram aproximadamente 40%), mais 48% se aproximaram deste conceito apresentando corretamente conceitos-em-ação relativos às ondas como: perturbação num meio, propagação e frequência o que foi levado em conta nas respostas consideradas “próximas às cientificamente aceitas” nos gráficos anteriores.

Questão 2: Unidade de medida da frequência

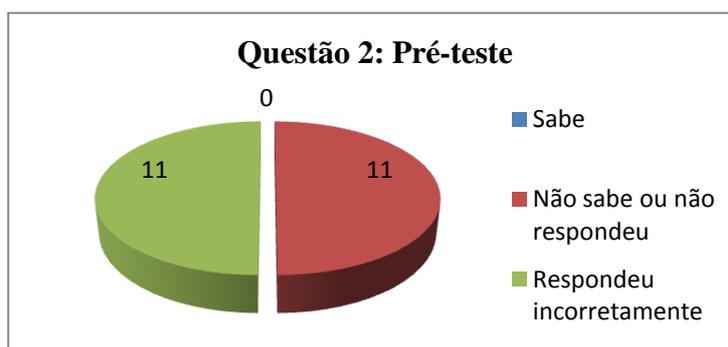


Figura 21: Gráfico das respostas para questão 2, sobre unidade de medida da frequência (em número de alunos).

A unidade de medida da frequência, no Sistema Internacional de Medidas, não foi explicitada nenhuma vez na segunda questão do pré-teste e as respostas se dividiram igualmente entre os alunos que declararam não saber ou deixaram a pergunta sem resposta e os que responderam incorretamente.

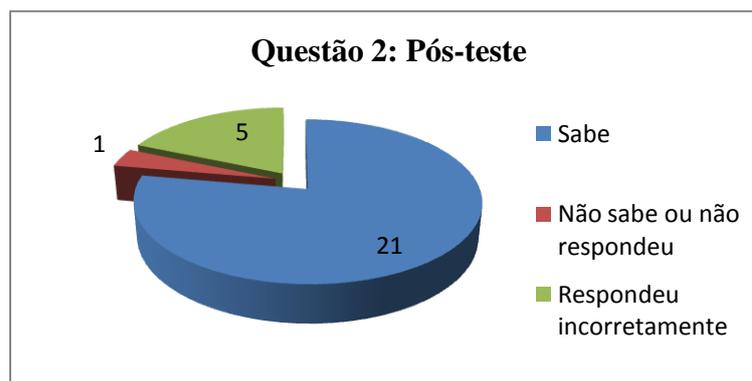


Figura 22: Gráfico das respostas para questão 2, sobre unidade de medida da frequência (em número de alunos).

Consideramos fundamental para inserção no campo conceitual da Física Ondulatória o conhecimento do conceito de frequência e conseqüentemente de sua unidade de medida. Pela ancoragem a subsunçores relacionados a hertz presentes em suas estruturas cognitivas, os alunos, após duas situações, em maioria já expressavam este conceito-em-ação de forma pertinente, o que pode ser ratificado pelos 77% dos alunos que responderam corretamente a questão 2 do pós-teste, colocado em número de alunos no gráfico da figura 22, a maioria dos demais reponderam decibéis numa evidente necessidade de diferenciação entre os conceitos de frequência e intensidade sonora.

Questão 3: Comprimento da corda vibrante e som grave

A questão de número 3 foi aplicada em um vestibular da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) e é uma questão relativamente grande se comparada às demais, por trazer um texto anterior à pergunta. Os alunos mostraram-se receosos de resolver questões de vestibulares questionando-nos sobre a necessidade deste tipo de questão. No entanto, procuramos motivá-los dizendo que na próxima vez que fizessem o teste se sairiam melhor que neste teste prévio e conseguiriam resolver as questões com maior segurança; portanto, nossa intenção maior em questões de vestibular foi motivacional.

Contudo, a questão trazia a imagem de um instrumento musical, uma harpa, e inquiria sobre qual das cordas emitiria um som mais grave e por quê. Obtivemos os seguintes resultados em ambos os testes, representados pelos gráficos das figuras 23 e 24:

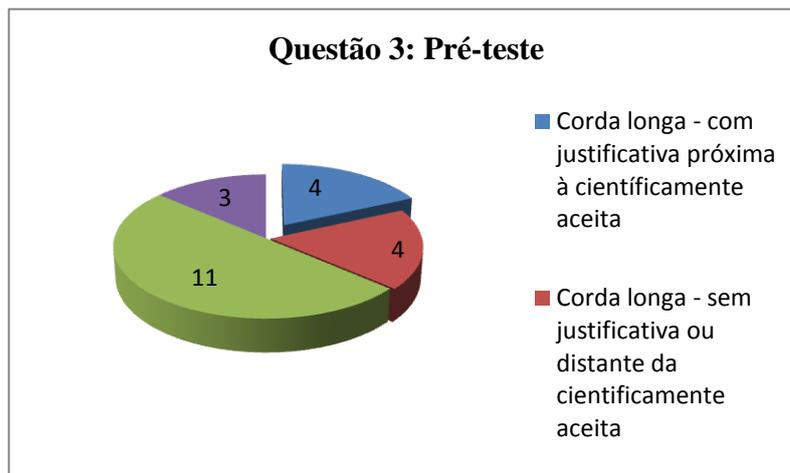


Figura 23: Relação entre comprimento da corda vibrante e som grave.

Observamos no gráfico acima que metade dos alunos afirmou ser a corda curta a emissora de onda de som mais grave numa harpa, enquanto aproximadamente 36% responderam ser a corda longa a emissora deste tipo de som, ao passo que dividiram entre 18% os que justificaram suas respostas de acordo com o conhecimento cientificamente aceito.

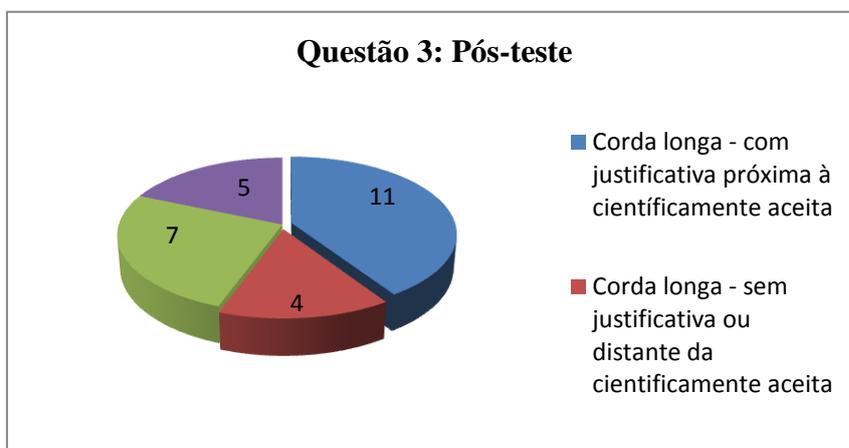


Figura 24: Relação entre comprimento da corda vibrante e som grave.

O número de respostas mais próximas àquelas cientificamente aceitas aumentou de quatro para onze alunos, enquanto aqueles que responderam corda curta diminuiu para sete alunos. Os conceitos envolvidos nesta questão foram trabalhados com a utilização de instrumentos musicais, especialmente o violão, como pode ser verificado nos diálogos da sessão “Som: suas características e relação com instrumentos musicais e aparatos tecnológicos” neste capítulo.

Podemos citar também exemplos de respostas dadas por alunos antes e depois da intervenção quanto à questão de número 3: Que corda emite o som mais grave, a mais longa, ou a mais curta (da harpa)? Justifique.

Aluno 1 antes: *“A mais longa, porque o tempo e a amplitude será maior do que nas cordas curtas. Depois: “A corda mais longa, porque ela vai vibrar menos vezes por segundo e a nota tocada vai dar um som grave”.*

Aluna 2 antes: *“A mais curta, porque a sua frequência tem menor velocidade, é baixa”.* Aluna 2 depois: *“A mais longa, porque tem frequência menor”.*

Essas e outras frases nos permitem inferir uma possível diferenciação progressiva e/ou reconciliação integrativa dos subsunçores já presentes na estrutura cognitiva desses alunos, já que utilizaram os conceitos, expostos antes, de maneira mais pertinente depois, especialmente o de frequência. A evolução do conceito fica evidente ao expressarem o teorema-em-ação de maneira coerente com a aceita cientificamente, o que também podemos caracterizar como um novo subsunçor advindo de um processo de assimilação, que o fez mais inclusivo, mais desenvolvido, que poderá ancorar novas informações.

5.1.2 Questões de múltipla escolha

Foram sete questões de múltipla escolha, com quatro ou cinco itens cada uma.

Questão 4: Propagação do som no vácuo

Esta foi outra questão aplicada em vestibulares, o da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, e trazia a indagação quanto à propagação do som no vácuo. Foi explicado a eles, depois de alguns perguntarem durante o primeiro teste, a idéia do que é vácuo; contudo, a própria questão já associava este termo a espaço vazio.

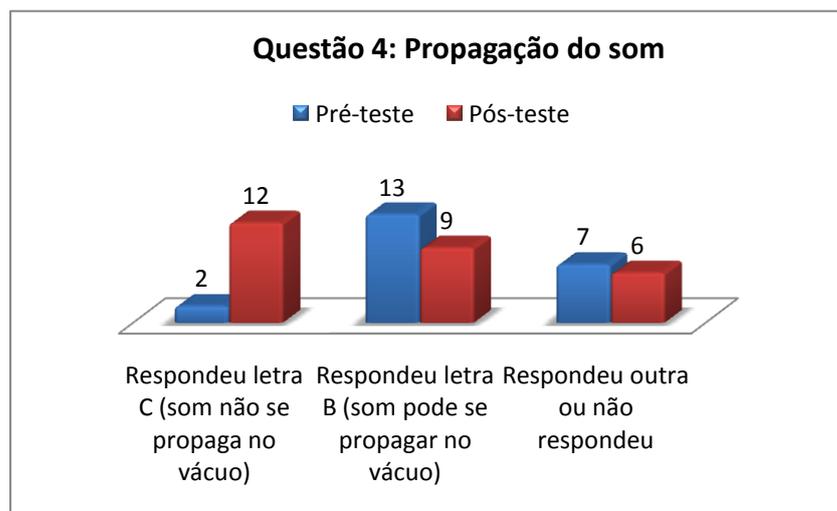


Figura 25: Gráfico das respostas da questão número 4 (em número de alunos)

Podemos verificar através do gráfico da figura 25 que apenas dois alunos responderam que o som não poderia se propagar no vácuo, número que aumentou para 12 após a intervenção; enquanto houve uma diminuição de 13 para 9 naqueles que disseram ser possível tal propagação do som. O índice dos que não responderam ou marcaram outra resposta diferente destas duas, foi de apenas um aluno.

Questão 5: Vários conceitos, questões do tipo certo ou errado

Com a proposta de variar o tipo de abordagem do aluno às questões, enquanto os testes para verificação de aprendizagem se constituíam também em novas situações, acrescentamos aos testes questões do tipo certo ou errado. Obtivemos um alto índice de acertos tanto no teste anterior quanto no posterior à intervenção o que ainda assim não caracteriza uma aprendizagem significativa em primeira análise.

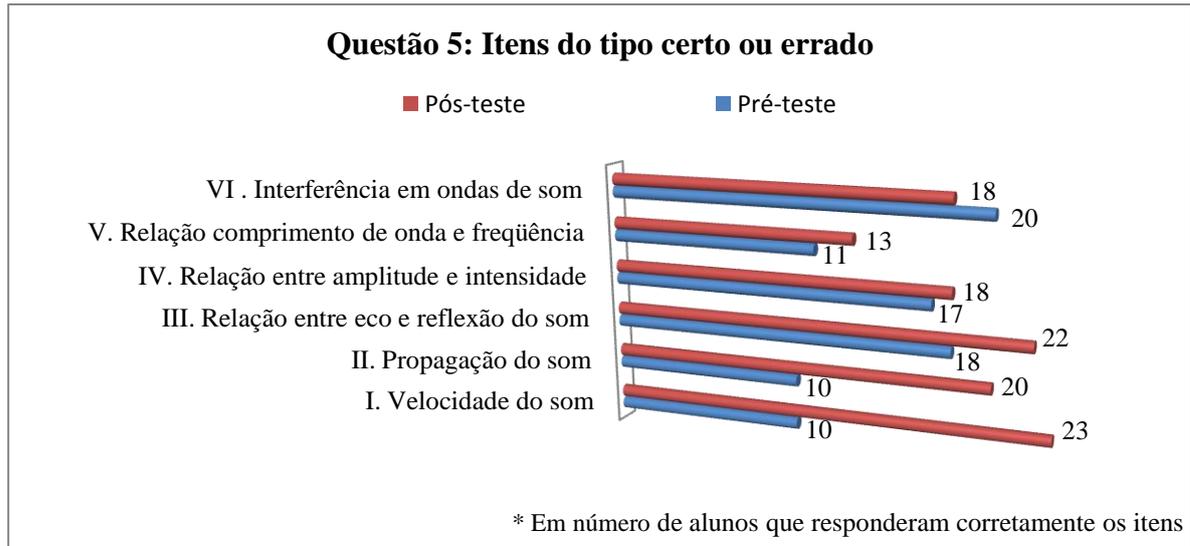


Figura 26: Gráfico das questões do tipo certo ou errado de conceitos diversos

Em números absolutos, a quantidade de itens respondidos de maneira certa foi maior no teste posterior à intervenção se observarmos os cinco primeiros itens, sendo que no sexto item podemos verificar um número inferior de acertos (18) quando comparado ao pré-teste (20).

O resultado deste item pode nos levar às seguintes análises, dentre outras:

- Questões de marcação do tipo certo ou errado não nos permitem identificar precisamente conhecimentos-em-ação dos alunos o que, conseqüentemente não nos dá acesso a seus esquemas relativos às situações que envolvem o conceito de interferência questionado neste item;
- Considerando que 27 alunos responderam a este item, e excluídos os 18 que acertaram, verificamos o teste dos nove que não responderam corretamente; identificamos que três deles participaram de, no máximo, 6 aulas das 13 que propusemos; esses podem ser identificados pelos números 1, 6 e 22, na *tabela 10 presente na página 159* de frequência dos alunos que participaram da intervenção. Obviamente o conceito de interferência necessita de conceitos subjacentes, e a

ausência em aula impossibilita o trabalho do próprio aluno em sua evolução dentro de uma hierarquia conceitual apresentada progressivamente.

- Notamos durante a intervenção que, no pré-teste, alguns alunos do grande número (mais de 90%) dos que responderam (E, errado) de maneira correta que “o fenômeno de interferência não acontece com ondas de som”, consideravam interferência em ondas de rádio ao responder o item, visto suas experiências prévias com rádios caseiros ou “sons automotivos”. Assim, no momento em que se discutia o conceito de interferência apresentaram subsunçores nos quais se referiam não a ondas mecânicas e sim às eletromagnéticas.
- Excluídos aqueles três, que faltaram a várias aulas e que provavelmente trouxeram seus conhecimentos prévios, neste caso, de senso comum, como discutido no ponto anterior, dos outros 6, uma aluna não fez o teste prévio e os outros cinco responderam corretamente no pré-teste e de maneira errada no pós-teste. Esses seis participaram de pelos 90% das aulas, ou seja, tiveram acesso a praticamente todas as situações propostas, contudo necessitariam de uma análise mais próxima de seus esquemas e invariantes operatórios para que pudéssemos verificar o porquê das respostas equivocadas.

Questão 6: Intensidade sonora

A questão de número seis procurava o conhecimento prévio dos estudantes sobre o conceito de intensidade sonora e, mais especificamente, sua unidade de medida. É interessante analisar que o dobro de alunos responderam a letra D (potência do som), quando comparado aos alunos que acertaram a questão, como pode ser visto no gráfico da figura 27.

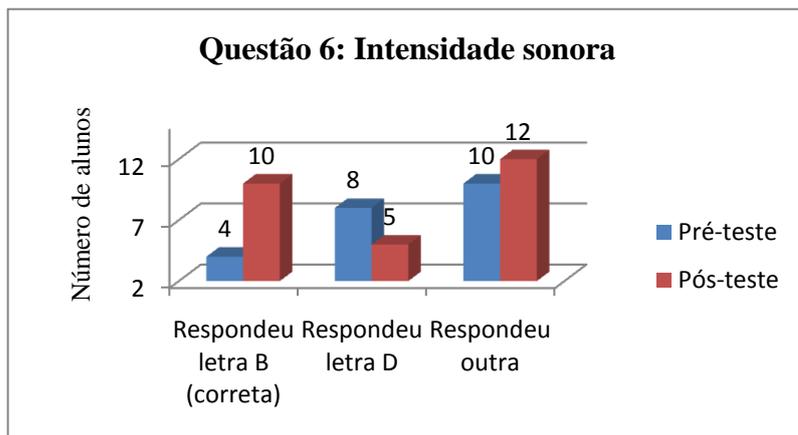


Figura 27: Gráfico de respostas à questão 6 sobre intensidade sonora e sua unidade de medida

Houve um aumento de 4 para 10 alunos no número de questões respondidas de acordo com o que é cientificamente aceito enquanto o número de estudantes que respondeu a letra D diminuiu em três respostas erradas. Consideramos relevante fazer a contagem do número de alunos que escolheu o item D, visto que somados B e D, tanto em um teste quanto no outro, correspondem a mais da metade das respostas; além disso, o fato de vários alunos terem optado pela letra D (potência do som) em parte se justifica, como sabemos, pela relação de proporcionalidade direta entre intensidade sonora e potência do som, inferimos daí um conhecimento prévio ou subsunçor ao qual poderíamos ancorar novas informações. Contudo, a unidade de medida bel e sua variação decibel, foi trabalhada sem aprofundamento nos conceitos auxiliares ao da intensidade sonora.

Questão 7: Altura do som e frequência sonora

Esta era outra questão de vestibular que trazia um raciocínio relativamente complexo sobre a qualidade do som, altura, e sua proporção com a frequência. A figura 28 traz o número de alunos que responderam de maneira correta e errada.

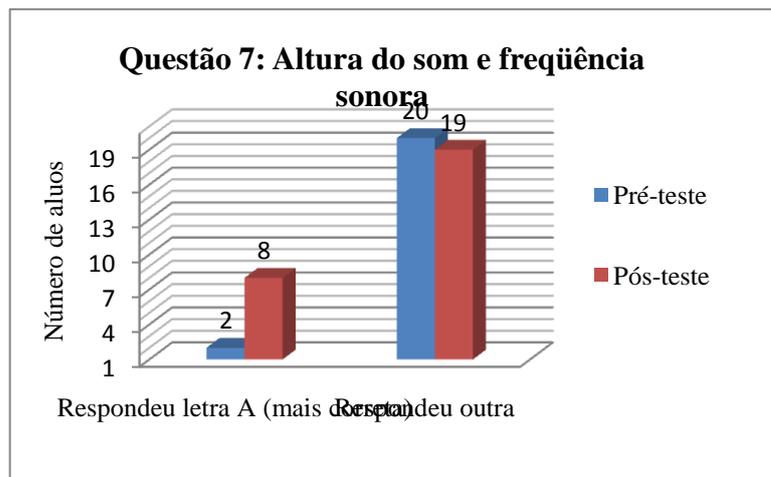


Figura 28: Gráfico de respostas à questão 7 sobre altura do som e frequência sonora.

A resposta correta na letra A seria: “o som será mais grave quanto menor for sua frequência”. A complexidade desta questão está no fato de vários conceitos estarem embutidos neste teorema verdadeiro. Para chegar a esta resposta, na maneira como trabalhamos as situações, que envolviam a altura do som, seria necessário raciocinar que: um som grave é um som que possui ondas sonoras de grande comprimento de onda e, se o comprimento da onda é grande, conseqüentemente sua frequência é baixa, por conseguinte, quanto mais grave menor sua frequência. Então, a proporção do grave e agudo, comumente não é trabalhada diretamente com a frequência, mas passa pelo comprimento da onda. Trabalhamos estes conceitos com o auxílio visual do *Audacity* com instrumentos musicais e verificamos nas manifestações dos alunos teoremas-em-ação importantes para esta idéia. O resultado apresentado no gráfico pode ser considerado razoável após a intervenção, contudo acreditamos que tal complexidade da questão elevou o número de respostas distantes daquelas cientificamente aceitas.

Questão 8: Timbre

A questão de número oito era: “qual a propriedade do som que nos permite distinguir entre dois instrumentos musicais?”.

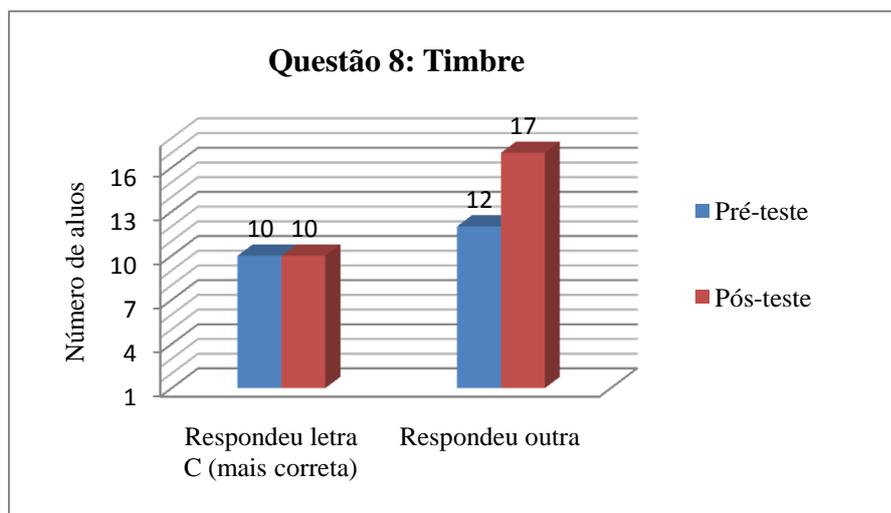


Figura 29: Gráfico de respostas à questão 8 sobre timbre e sua análise gráfica.

O número de alunos que deram respostas certas foi de 10, como visto na figura 29, mesmo após à intervenção, o que possivelmente foi devido a fatores externos ao processo de ensino e de aprendizagem, visto que a mesma questão foi feita oralmente sob diversas situações, nas quais a grande maioria dos alunos expressou, com segurança, a compreensão do conceito de timbre, inclusive de maneira mais aprofundada, vista a análise gráfica de situações que envolviam instrumentos musicais (violão e gaita); tal análise pode ser consultada na subseção “Timbre” deste capítulo. Os fatores externos aos quais nos referimos, podem ser:

- Durante o pós-teste não foi feita a leitura das questões com os alunos, o que aconteceu no pré-teste, onde alguns pediram explicação sobre gráfico da questão oito; explicamos, porém pedimos atenção ao enunciado da questão.
- O teste foi aplicado em um dia incomum na escola, onde tínhamos apenas o último horário da noite de uma sexta-feira, véspera de um feriado prolongado, ou seja, os alunos fizeram apressadamente, especialmente as últimas questões, sobretudo depois que pedimos para que respondessem também ao questionário de opinião.
- Queremos dizer com isso que a maioria deles observou apenas as figuras da questão para respondê-la e, como trabalhamos visualizações gráficas 60% das vezes para

associar conceitos diversos ao da frequência, este foi possivelmente o comportamento dos estudantes, fato verificado com a constatação de que no pós-teste mais de 25% dos alunos marcaram a letra E, “frequência”, na questão 8.

Contudo, não descartamos a possível necessidade de outras situações para que o aluno pudesse fazer suas diferenciações entre os conceitos de timbre e frequência, vista também a interessante correspondência entre esta questão 8 e a 10, onde verificamos a relação contrária destes conceitos e, levados em conta os argumentos acima, vários alunos responderam timbre onde caberia a resposta “frequências diferentes”. Mais à frente analisaremos a questão de número 10.

Questão 9: Frequência e amplitude

A questão nove, analisada através da figura 30, também envolve gráficos e seria necessário que o aluno identificasse a amplitude e a frequência de duas ondas juntas em dois gráficos.

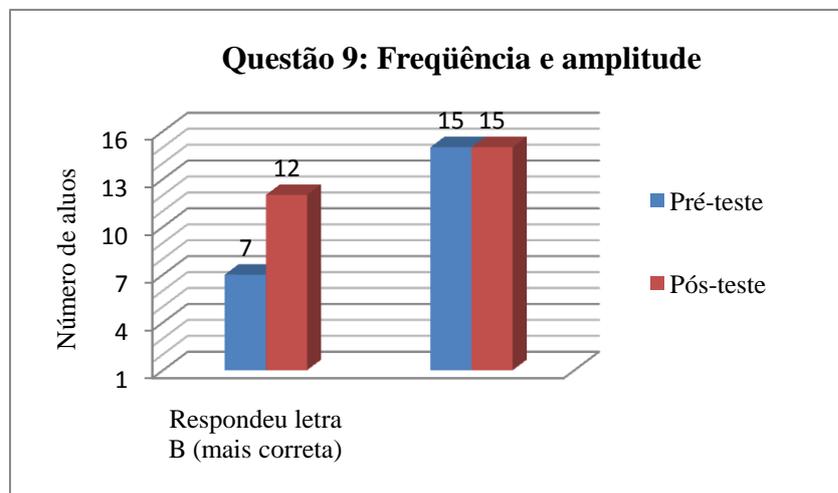


Figura 30: Gráfico das respostas da questão 9, sobre a identificação gráfica da amplitude e da frequência da onda

Verificamos um aumento no número de respostas corretas, contudo alguns alunos pediram explicação na leitura do gráfico. Entre os itens de múltipla escolha havia apenas uma resposta certa; no entanto, em alguns itens era possível deduzir se o aluno havia identificado pelo menos um dos conceitos pedidos, já que em alguns deles parte da resposta estava correta.

Para isso seria necessário um envolvimento maior do aluno na intervenção para que ele expressasse seus invariantes operatórios; isso foi feito com alguns alunos durante a aplicação dos testes, mas apenas de maneira verbal. Com isso, observamos que um grande número de alunos (10 dos 15 que responderam outra) marcou a letra C onde dizia que a amplitude de uma das ondas era maior que a outra, o que ficou caracterizado que compararam um gráfico com o outro e não as duas ondas presentes no mesmo gráfico.

Questão 10: Frequência e nota musical

O que há de diferente nas ondas sonoras de uma nota musical Mi para outra nota Sol, foi o que se perguntou na questão de número 10.

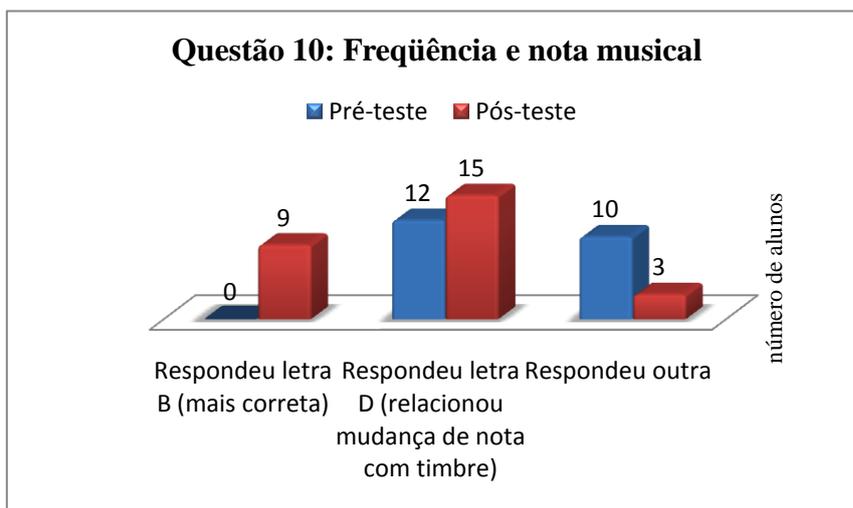


Figura 31: Gráfico de resposta para questão 10, sobre notas musicais e respectivas frequências

Houve um evidente progresso em número de questões certas, visto que partimos de zero respostas corretas para 9, mostrado nas primeiras colunas do gráfico da figura 31. A questão deixou claro que não havia mudança de instrumento musical; contudo, cresceu o número de alunos que responderam que mudando a nota musical elas apresentariam timbres diferentes. Parte do comando da questão, na qual se lê “serão ouvidos dois sons diferentes”, parece ter feito diferença na escolha do item para que 15 estudantes marcassem a letra D. Valem aqui todos aqueles argumentos da questão número 8, especialmente para o pós-teste. Também vale lembrar que teoremas-em-ação como este retirado da sessão timbre foi repetido

por vários alunos durante a intervenção: “21 - Aluno: muda a música, mas o timbre não muda”, ao falar sobre um mesmo instrumento.

Ainda assim, frisamos a comparação presente no gráfico da figura 32 para o número de alunos que responderam de maneira correta a questão específica sobre timbre (8) e responderam no mesmo teste a questão de número 10 também com a resposta timbre, mostrando uma necessidade de diferenciação entre os conceitos.

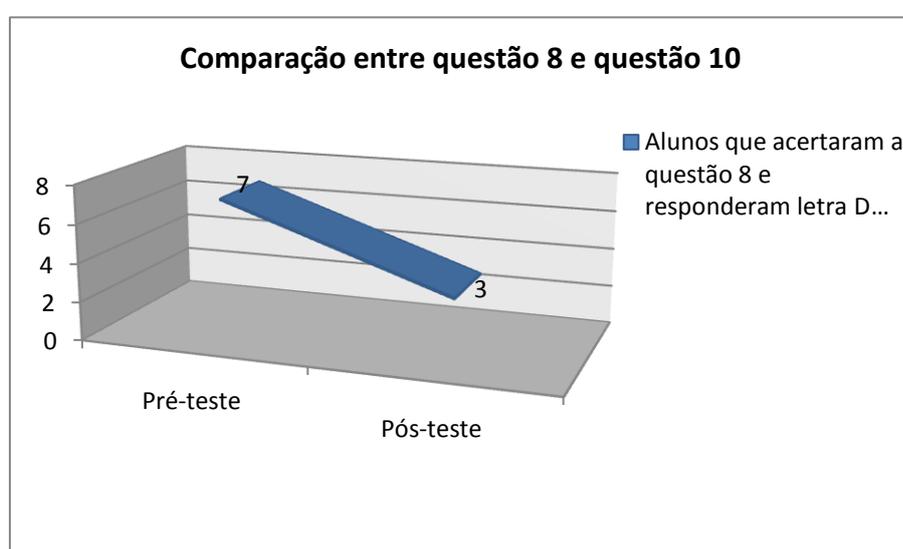


Figura 32: Gráfico de comparação de respostas contidas nas questões 8 e 10.

Verificamos, portanto, que este número diminuiu, sem esquecermos de considerar que no pré-teste haviam 22 alunos e no pós-teste 27 alunos. Em valores percentuais teríamos a diminuição de 32% do pré-teste para 11% no pós-teste, visto que estes são os que marcaram timbre nas duas questões.

Comentários finais sobre os testes:

Esses testes representam a grande variedade de situações, que foram trabalhadas com os alunos e, ainda que nem todos os conceitos discutidos em sala estejam contidos neles, foram essenciais para nos informar sobre alguns conhecimentos prévios dos alunos, nos possibilitando desenvolver aulas mais voltadas para as maiores necessidades de conceitualização e dificuldade apresentadas no teste, como também, nos forneceram

argumentos numéricos para avaliarmos o nível de aprendizagem deles. Possibilitou-nos, ainda, confrontar questões e conceitos para identificação de conflitos, como nas questões 8 e 10; conflito este que pode ser verificado nas transcrições das aulas na sessão seguinte.

5.2 Aulas gravadas em áudio

Partindo dos diálogos dos quais destacamos expressões dos alunos e nossas, que representam o procedimento desenvolvido a fim de alcançar uma aprendizagem efetiva dos conceitos propostos, identificamos teoremas e conceitos-em-ação, possíveis diferenciações progressivas, esquemas, situações, e outros conceitos importantes que nos levam a inferir que, provavelmente, houve aprendizagem significativa e uma possível inserção do aluno no campo conceitual da Física Ondulatória.

Classificamos os diálogos de acordo com conceitos principais aos quais se enquadraram, sendo que, em alguns casos, pelo fato das aulas estarem interligadas e alguns tópicos serem revistos através de situações diferentes, diálogos retirados de aulas diversas, por vezes, integram uma mesma categoria.

5.2.1 Ondas: propriedades, conceitos iniciais e características.

O trecho seguinte foi o início da intervenção. Escolhidos os tópicos que consideramos relevantes, e identificados neles os principais conceitos, iniciamos a primeira aula, da qual destacamos os seguintes trechos:

1 - Professor: Nós vamos começar a partir de agora, depois de termos exercitado um pouco de matemática, a estudar a Física relacionada às ondas. O que vocês sabem sobre ondas?

2 - Aluno: Algo que fica subindo e descendo.

3 - *Professor: Um começo. Se alguém lhe perguntar qual é a frequência de uma nota musical ou como é que é formada uma onda, ou ainda, qual é a fonte de uma onda. Você saberia responder alguma pergunta deste tipo?*

4 - *Vários Alunos: Não, não.*

5 - *Aluno: Professor, eu acho que as ondas se formam por causa do vento, não é? O vento bate na água e vai levando até elas se formarem.*

6 - *Professor: Ah, aí você está falando de um tipo de ondas, não é? Aquelas que são formadas na água, na água do mar. Mas existem outros tipos de onda?*

7 - *Outros alunos: Sim, as ondas sonoras, eletromagnéticas...*

Vale observar que nas duas primeiras semanas de aula foram feitas revisões de matemática (como nos referimos na fala 1) em equações do primeiro grau e relações de proporcionalidade, ainda que nosso enfoque aqui não seja matemático. Consideramos válida esta revisão já que durante o estudo das equações na aula 8, não tivemos casos nos quais o aluno não soubesse resolver as equações, fato ocorrido no início das revisões.

Identificamos, nas expressões 2, 5 e 7, subsunçores relacionados às ondas e na 4, a princípio, a ausência ou a não explicitação de conhecimentos prévios relacionados às perguntas do professor. Exibimos um vídeo, no qual a música apresentava muitos instrumentos musicais sendo executados, pedimos para que identificassem tais instrumentos quanto à maneira de funcionamento deles (fricção de cordas, percussão de cordas, sopro, instrumentos de percussão), como mais uma possibilidade de identificar conhecimentos prévios e o quanto estavam inseridos nesse campo, que abrange a música e seus instrumentos de produção de sons.

8 - *Professor: Quem “viu” alguma onda no vídeo?*

9 - *Aluno: Bem, eu não vi a onda, mas percebi que existiam ondas vindas da sanfona.*

10 - *Outra aluna: Do violino.*

11 - *Outra aluna: A voz dela. Baixo, guitarra, violoncelo.*

12 - *Professor: e de percussão?*

13 - *Aluno: Bateria.*

14 - *Outro Aluno: atabaque.*

15 - *Professor: O que mais? E de corda?*

16 - *Vários Alunos: Violão, violino, Bandolim. Tinha uma harpa!*

17 - *Professor: E instrumento que use ar, tinha algum?*

18 - *Aluno: Acordeom.*

Percebemos que vários deles, cerca de 80% da média de alunos, não tiveram dificuldade em reconhecer os instrumentos e sua classificação quanto à maneira de execução, os demais expressaram não conhecer nem saber classificar a maior parte dos instrumentos, o que ficou caracterizado na verificação do material escrito onde pedimos que fizessem uma relação dos instrumentos que conhecessem.

O vídeo apresentava uma intensa e diversificada iluminação durante a apresentação da artista.

20 - *Professor: Muito bem. Mas há apenas ondas sonoras no vídeo?*

21 - *Aluno: Não. (mas não souberam responder quais seriam as outras).*

22 - *Professor: E quanto à luz?*

23 - *Alunos: Sim. É mesmo, nem reparei.*

24 - *Professor: Vocês repararam que o local era cheio de luz, de várias cores. E a luz, é uma onda?*

25 - *Alunos: É.*

26 - *Professor: Bem, um pouco mais para frente nós vamos estudar mais detalhadamente este tipo de onda, a luz. (Nos referimos aqui ao conteúdo a ser trabalhado após o de Física Ondulatória)*

27 - *Professor: o importante, também, é que você diferencie os instrumentos que geram os sons e perceba que mesmo em instrumentos classificados como “de corda” ainda há diferenças na maneira de gerar os sons. Em alguns, a pessoa vai percutir a corda (bater na corda).*

28 - *Aluno: Como o baixo, Professor.*

29 - *Professor: Isso mesmo. Como nós vamos estudar, também, os instrumentos musicais começamos, aqui, identificando muitos deles e percebendo que são geradores de ondas...*

30 - *Alunos: Sonoras.*

Procuramos, nessa oportunidade, ainda identificar possíveis conhecimentos e associações com instrumentos musicais que os alunos poderiam trazer relativos ao conceito de ondas como visto em 28 e 30. Identificamos que aproximadamente de 15% dos alunos (considerando os 24 alunos presentes) associou luz a um fenômeno ondulatório como expressado nas falas de 23 e 25, ainda que depois de uma intervenção nossa. Porém, os mesmos alunos haviam exemplificado como tipo de ondas as eletromagnéticas na fala de número 7, o que reforçou o fato de apresentarem algum conhecimento prévio sobre ondas.

31 - *Professor: Daremos prioridade para esse tipo de ondas, mas agora vamos ver se ondas aparecem em outras situações.*

32 - *Professor: Vamos fazer uma roda. (alunos se organizam em círculo)*

Foi sugerida aos alunos uma situação na qual se formou o que chamamos popularmente de “ola”. A partir de uma aluna escolhida, que se levantaria primeiro, os outros a seguiriam seqüencialmente naquele movimento.

33 - *Professor: Pessoal, essa ola é uma onda?*

34 - *Alunos: É.*

35 - *Professor: Uma onda carrega matéria?*

36 - Aluna: *Não, porque nós não a vemos.*

37 - Professor: *Vamos pensar, o que se propagou de você para ele, dele para ela, o que passou de um para o outro?*

38 - Aluna: *O movimento que cada um fez.*

39 - Outro aluno: *o movimento de subir e descer.*

40 - Outra Aluna: *Como num efeito dominó.*

A aluna, da fala 36, expressa um teorema-em-ação, no qual associa matéria ao o que é observável; contudo, estamos interessados na idéia de propagação, não no conceito de matéria. Direcionamos, então, o questionamento seguinte para este conceito principal e obtivemos os teoremas-em-ação 38 e 39. Em 40, observamos uma ancoragem que outra aluna fez entre a idéia de propagação e um evento, subsunçor, presente em sua estrutura cognitiva, com a informação apresentada na situação (ola).

41 - Professor: *É uma boa idéia. Mas repare nessa diferença que eu vou lhe perguntar agora:*

42 - *Ela é uma onda periódica ou apenas um pulso? Guarde essa pergunta que nós vamos pensar um pouco mais sobre ela.*

Como a aluna adiantou a idéia da nova situação que seria proposta, em seguida, fizemos o questionamento acima (42) para que ela já iniciasse seu processo de uma possível reconciliação integrativa. Ocasões como esta freqüentemente acontecem nas aulas de EJA, o que caracteriza a heterogeneidade de conhecimentos prévios.

43 - Professor: *Quem gerou esse pulso ou essa onda?*

44 - Aluna: *Nós.*

45 - *(Um aluno aponta para a aluna que se levantou pela primeira vez)*

46 - Professor: *Ele apontou para ela.*

47 - *Mesma aluna de 44: É, foi ela mesma quem gerou.*

48 - *Professor: Ela gerou por que ou com o quê?*

49 - *Alunos: se levantando.*

50 - *Professor: Vocês acham que ela perturbou, mexeu, com o ambiente através desse movimento dela?*

51 - *Vários alunos: Sim. Depois dela que a onda começou.*

52 - *Professor: Posso falar então que ela, o movimento dela, é a fonte geradora da onda?*

53 - *Vários alunos: Sim, pode.*

Os alunos não expressaram o conceito-em-ação perturbação de um meio, contudo as falas 49 e 51 estão ligadas a este conceito ao qual associamos os termos “perturbou” em 50 e fonte geradora em 52, caracterizando entendimento em 45, 47 e 53.

54 - *Professor: E se essa onda gerar um novo pulso a cada três segundos, o que acontece?*

55 - *Professor: Vamos fazer a ola de novo, rapidamente, nem precisa se levantar muito. Olha ele vai se levantar vai contar até três e vai se sentar novamente.*

56 - *(depois de duas tentativas, conseguimos observar o esperado)*

57 - *Professor: então vocês perceberam qual é a idéia?*

58 - *Aluno: toda hora sai um novo pulso.*

59 - *Professor: a cada três segundos era iniciado um pulso, muito bom. Agora vamos reparar a diferença. Num estádio onde há milhares de pessoas, você observa quando fazem a ola que é criado um único pulso e ele passa por todas as pessoas. Se a cada três segundos fosse criado um novo pulso essa onda passaria a ser de que tipo?*

60 - *Professor: Lembre daquela pergunta que fiz agora a pouco?*

61 - *Aluna: Ah, então vai ser periódica!*

62 - *Professor: Isso. Então ao invés de um único pulso, passaria a ser uma onda periódica.*

Chegamos até neste ponto identificando naquela aluna, para a qual foi feita a pergunta 42 e em outros, o teorema-em-ação mais aproximando do que se caracteriza cientificamente por uma onda periódica (58 e 61). Contudo, percebemos que nem todos os alunos ainda haviam compreendido a periodicidade em um movimento ondulatório. Assim, apresentamos a nova situação através de um vídeo interativo, pouco diferente da primeira em relação ao evento e aos questionamentos, para que os alunos pudessem fazer suas diferenciações progressivas.

(...)

63 - *Professor: Vamos ver outra situação. Vamos aproveitar a idéia que já apareceu hoje aqui.*

(iniciamos um vídeo, que mostrava a queda de vários dominós)

64 - *Professor: Mais uma vez, antes de pensarmos no que aconteceu aqui com esses dominós. Deixa-me ver o que vocês entendem por algo que seja periódico. O que é algo periódico?*

65 - *Aluno: Algo está constantemente.*

66 - *Professor: constantemente fazendo o quê?*

67 - *Aluno: com o mesmo movimento.*

68 - *Professor: E?*

69 - *Outro aluno: continuamente, fazendo a mesma coisa, que se repete.*

70 - *Professor: o que você viu no vídeo, podemos dizer que é uma onda?*

71 - *Aluno: Podemos, sim.*

72 - *Professor: Que é uma onda periódica?*

73 - *Um aluno: não. (outros ficaram em dúvida)*

74 - Professor: *o que tem que acontecer para ser uma onda periódica?*

75 - Aluno: *tem que continuar.*

76 - Professor: *Depois que a pessoa derrubou o primeiro dominó e que todos caíram tem jeito de gerar outro pulso?*

77 - Todos: *Não.*

78 - Professor: *Então tem como essa onda ser periódica?*

79 - Vários Alunos: *Não.*

80 - Professor: *Por que para ser periódica...*

81 - Aluno: *teria que aparecer outro pulso. (muitos concordam)*

Consideramos que a apresentação de uma nova situação (a partir de 63) foi essencial na evolução do teorema-em-ação relativo a uma onda periódica na expressão dos alunos, já que com a diferenciação entre os eventos, e a repetição dos questionamentos, vários deles passaram a expressar seus invariantes operatórios de maneira mais aproximada daquela cientificamente aceita, como visto em 65, 67, 75 e 81.

82 - Professor: *E... cada dominó, depois que cai, sai muito da posição original dele?*

83 - Alunos: *não.*

84 - Professor: *Mas vocês acham que ele carrega ou transfere energia? (ficam pensativos)*

85 - *Vejam só. Não sei se vocês se lembram do semestre passado, em que nós falamos um pouco sobre energia, quando eu levanto um objeto a certa altura, eu acumulo aqui (com o apagador suspenso), o quê?*

86 - Alunos: *Energia.*

87 - Professor: *Energia. Energia potencial gravitacional. Quando eu solto esse objeto... (soltando)*

88 - Aluna: *Essa energia vai junto.*

89 - Professor: *Vai junto... vamos dizer assim...*

90 - Professor: *Quando o dominó está em pé e cai...*

91 - Aluna: *Ele descarrega a energia para o próximo dominó, e vai passando, vai passando, vai passando...*

92 - Professor: *Bom, então eu posso dizer que essa energia está se propagando?*

93 - Aluna: *Sim pode.*

94 - Aluno: *É como na ola e o movimento da gente!*

95 - Professor: *Exatamente. Naquele momento havia energia se propagando.*

(...)

97 - Professor: *Olha até agora pensamos sobre dois exemplos: a ola e os dominós. Na ola houve propagação de energia.*

98 - Vários alunos: *teve propagação.*

99 - Professor: *Teve transporte de matéria.*

100 - Uma aluna: *Teve.*

101 - Outros alunos: *Não, ninguém saiu do lugar.*

102 - Professor: *Alguém se deslocou junto com o pulso?*

103 - Alguns alunos: *Não.*

104 - Professor: *então houve propagação de matéria?*

105 - Alunos: *Não.*

106 - Professor: *E com os dominós?*

107 - Aluno: *Não tem propagação de matéria e tem de energia.*

(...)

Identificamos na fala 94 uma possível diferenciação progressiva, visto que o aluno fez a associação entre as duas situações propostas. Já em 91 e 107 estão dispostos teoremas-empção, o último condiz com o cientificamente aceito.

108 - Professor: Olhem, então, o que vocês ajudaram a concluir: Podemos dizer que durante o processo de propagação de uma onda ocorre transmissão de energia, sem que ocorra...

109 - Aluna: o transporte de matéria.

110 - Professor: Esse conceito pode ser generalizado (pode ser aplicado) em qualquer tipo de onda, Ok? Então, nós vimos dois exemplos de ondas; mas isso serve para todos os outros.

Por várias vezes houve necessidade de nossa intervenção logo após a explicitação dos conceitos e teoremas-em-ação especialmente para introduzir termos científicos ao vocabulário dos alunos, como pode ser verificando em 50, 52, 59, 62, 85 e 107.

Como, obviamente, não é possível apresentar todas as situações relacionadas a um ou mais conceitos em algum momento precisamos fazer generalizações, ou o fechamento de algumas questões (como em 110), já que apresentamos anteriormente duas situações onde destacamos diferenças e semelhanças entre elas, para que os alunos fizessem suas diferenciações progressivas, evoluindo os subsunçores presentes em suas estruturas cognitivas para subsunçores mais elaborados e inclusivos. Procuramos, também, trabalhar os conceitos e teoremas-em-ação a fim de torná-los mais próximos daqueles que são cientificamente aceitos.

Associamos aos trechos colocados anteriormente o diagrama de procedimentos descritos no capítulo da metodologia (figura 1) e adotados durante a intervenção onde, seqüencialmente: identificamos tópicos e conceitos mais relevantes do conteúdo, apresentamos ao aluno situações, de acordo com a teoria de Vergnaud, e com o auxílio de recursos audiovisuais e outros; questionamos os alunos quanto a estas situações, identificamos conhecimentos-em-ação, voltamos a uma nova situação e identificamos, também, possíveis diferenciações progressivas, procurando igualmente aproximar o que estava na estrutura cognitiva do aluno, do que é cientificamente aceito.

Após trabalharmos outros conceitos, especialmente utilizando vídeos interativos, fizemos uso de um instrumento musical (pandeiro) para identificar conceitos e teoremas-em-ação já desenvolvidos em outras situações:

111 - Professor: Cada vez que eu bato aqui (no pandeiro) é gerada um tipo de onda, qual?

112 - Aluno: sonora.

113 - Professor: transversal ou longitudinal?

114 - Vários alunos: longitudinal.

115 - Professor: Como ele falou, essa onda se propaga sempre numa mesma direção.

116 - Professor: Se eu representasse essa onda transversalmente, como eu mediria sua amplitude?

117 - Aluno: da metade até a ponta.

118 - Outro: o pico.

119 - Professor: Ou até o vale?

120 - Aluno: Vale.

121 - Professor: Quando eu faço isso. (toco o pandeiro) Gerei uma onda, ela precisa de um meio para se propagar?

122 - Aluno: só o ar mesmo.

Verificamos mais teoremas-em-ação expressos nesta situação, com a utilização dos instrumentos musicais, na qual fica caracterizada uma possível aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados, já que vários alunos mostraram a transferência de conceitos vistos em situações anteriores, como o de propagação no som no ar (122), amplitude (117, 118 e 120), classificação da onda sonora (114), para esta situação.

Ao fim dos slides da aula 1 e 2 constavam algumas perguntas sobre os conceitos discutidos. Pedimos para que escrevessem suas respostas, as quais transcrevemos e foram verificados os teoremas-em-ação a serem desenvolvidos:

“Através da perturbação do meio que haverá propagação da onda”: verificamos um teorema-em-ação em ação bem próximo ao cientificamente aceito.

“A onda só passa a energia e deixa a matéria”: o teorema-em-ação também está próximo ao cientificamente aceito necessitando, talvez, um ajuste nos termos.

Sobre o meio de propagação: *“depende da onda, a sonora é o ar”*: teorema-em-ação incompleto em relação ao cientificamente aceito, pois necessita uma generalização já que a onda sonora pode se propagar em outros meios.

“A onda é tudo aquilo que se propaga como energia”: já neste teorema-em-ação identificamos uma generalização que, poderia ser limitada, especialmente a nível médio.

Observamos conceitos-em-ação pertinentes e teoremas-em-ação verdadeiros constituindo esquemas já adequados ou tornando-se adequados às situações apresentadas, assim como subsunçores necessitando de diferenciações para se tornarem mais inclusivos.

5.2.2 Som: suas características e relação com instrumentos musicais e aparatos tecnológicos

Nesta sessão estão dispostos diálogos de aulas onde mais utilizamos os instrumentos musicais e os recursos tecnológicos de que dispúnhamos.

5.2.2.1 Freqüência

1 - Professor: Imagine que alguém te pergunte: qual é a freqüência do movimento de translação da Terra? O que você responde?

2 - Aluno: o que é a freqüência? (outros não responderam)

Após verificarmos a possível ausência de subsunçores (2) relacionados ao conceito de frequência, trabalhamos este conceito apresentando três situações através de imagens nas quais, progressivamente, diferenciamos rotações por unidade de tempo: em rotações por hora, rotações por minuto e por segundo, chegando até a expressão do teorema-em-ação observado na fala de número 4 e 5, desta sessão.

3 - Professor: posso falar que essa (esse valor) é o quê do disco rígido?

4 - Alunos: a frequência dele.

5 - Aluno: 7200 rotações por segundo!

(...) numa nova situação giramos circularmente um carregador de celulares de maneira bem rápida e depois de outros questionamentos chegamos a:

6 - Professor: e girando isso assim é melhor contarmos essa frequência por minuto ou por segundo?

7 - Vários alunos: por segundo.

8 - Professor: Por segundo. É bem rápido, não é? Talvez ele gire aqui umas 30 vezes por segundo. Quando usamos essa contagem de ciclos por segundo, nós passamos a ter uma unidade de contagem de frequência. Distância nós podemos medir em metros. E frequência nós medimos em quê?

9 - Professor: Nesta unidade. (mostrando slide no computador)

10 - Alunos: Hertz.

11 - Aluno associou prontamente: Megahertz.

12 - Professor: Megahertz, quer dizer que é a unidade de medida da frequência de onda em que é transmitida a estação de rádio que você escuta.

As explicitações dos alunos encontradas em 7 e 10 mostram conceitos-em-ação colocados de maneira simples, mas cientificamente aceita. Destacamos a ancoragem que entendemos que o aluno apresentou (11) a um subsunçor de sua estrutura cognitiva;

exemplificou para os demais alunos uma ocasião onde veriam a utilização da unidade de medida, ainda que não trabalhássemos ondas eletromagnéticas.

13 - Professor: Vamos usar agora um programa aqui no computador. Nele, vou produzir uma onda de 60 Hz. Reparem aqui no programa, na frente do campo para eu colocar o número. Está escrito...

14 - Aluno: frequência, hertz.

Mostramos com o ponteiro do mouse mais um exemplo de utilização da unidade de medida, que acabaram de observar, procurando tornar o subsunçor mais inclusivo.

15 - Professor: então vamos colocar 60, “enter”. Ele produziu esta onda (mostro na tela do computador). Vou colocá-la para tocar. Como será um som de 60 hertz? Reparem. (o som é emitido por 20 segundos)

16 - Aluno: professor, parece o som daqueles rádios antigos.

17 - Professor: Isso. Se você chegar perto de uma lâmpada dessas (apontando as fluorescentes) você vai ouvir um som parecido com esse. E por quê? Porque a rede elétrica nossa emite frequência de 60 Hz. Se você olhar atrás do monitor de seu computador vai ver escrito lá “aproximadamente (~) 50 a 60 Hz”.

18 - Aluno: por isso que a geladeira, freezer faz esse barulho?

Outro aluno em 16 ancorou o novo som, daquela nova situação em 15, ao conhecimento prévio trazido por ele de maneira pertinente, o que possivelmente possibilitou a eles uma reconciliação integrativa daquele subsunçor ligado ao som do rádio velho, com o som da lâmpada, com o som da geladeira, a unidade de medida hertz e a frequência de vibração relacionada todos eles.

19 - Professor: Agora reparem aqui no programa que essa parte de cima mostra o tempo e eu vou ampliar a onda até mostrar apenas um segundo, ou melhor, vou pegar um

décimo do segundo. Um segundo dividido em dez partes. Vamos tentar contar quantos ciclos aparece dentro desse décimo de segundo (como mostrado na figura 33).

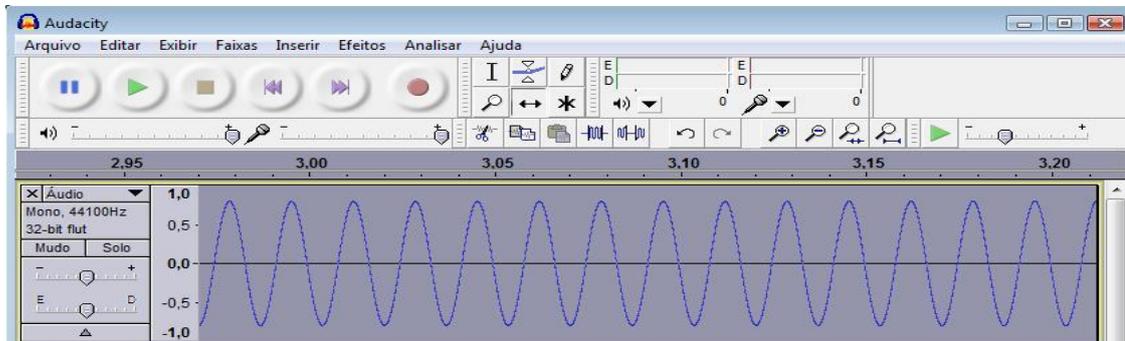


Figura 33: Representação de uma onda transversal de 60hz do Audacity.

20 - Aluno: *tem 6 ciclos. (após repetir o raciocínio)*

21 - Professor: *se esses 6 ciclos estão em um décimo de segundo, quantos ciclos eu tenho em um segundo?*

22 - Aluno: *6 vezes 10. 60 ciclos.*

23 - Professor: *60 ciclos por?*

24 - Alunos: *segundo.*

25 - Professor: *e como é que chama a unidade de medida de frequência?*

26 - Alunos: *Hertz*

27 - Aluno: *60 Hertz.*

28 - Professor: *Todo mundo percebeu isso?*

Fazendo a análise gráfica da onda procuramos com que se expressassem de maneira a se mostrarem inseridos no campo conceitual proposto, já que uma correta expressão dos conceitos-em-ação em 20, 24, 26 e 27, caracterizam parte desta inserção.

(...)

29 - Professor: *Vamos ver outra situação: Se eu pegar uma corda de violão, por enquanto, sem o violão e esticá-la (fiz isso prendendo as extremidades da corda em duas canetas). Agora, vou pedir para ele (um aluno) tentar emitir um som dessa corda esticada.*

30 - *Vocês conseguiram ouvir daí?* (perguntei aos alunos que estavam mais distantes)

31 - *Alunos: Muito pouco, quase nada.*

32 - *Professor: Porque você não está escutando tão bem? A corda não está vibrando?*

Não está gerando ondas?

33 - *Alunos: Está, está.*

34 - *Aluno: Porque precisa daquela caixa do violão.*

35 - *Aluna: Mas se estiver bem esticada, o som dela não é mais?*

36 - *Professor: ali nós esticamos a corda mais do que quando está tensionada no próprio violão, mesmo assim, você não ouviu um som muito intenso, não é?* (agora com o violão) *Aquela era “a corda sol; é a mesma que esta aqui* (mostrando a mesma corda no violão); *agora repare a diferença no som.* (tocando a nota sol, 3ª corda solta)

37 - *Aluno: A vibração vai dentro da caixa e depois sai.*

38 - *Professor: a onda de som vai dentro da caixa e sai. Mas também “fora”. Porque essa vibração ressoa nessa caixa toda, em várias partes, do violão, da madeira. Assim como você viu nessa figura do tambor, onde você percebe várias partes da pele vibrando.*

Observamos que o aluno em 34 verificou a necessidade da caixa acústica, porém 35 e 37 não fizeram assim; comparativamente 35 e 37 necessitavam mais que 34 de outra situação que evidenciasse a importância do uso da caixa, num instrumento de cordas em termos acústicos.

Mostramos e analisamos a figura de padrões de vibração sobre o corpo do violino.

39 - *Professor: O que essas vibrações no corpo do violão influenciam no som dele? Para que serve essa caixa do violão? O que muda no som de violão para outro com caixas diferentes?*

40 - *Aluno: O timbre.* (após insistência, mesmo sem citarmos antes este termo)

41 - *Professor: Ah! Então o timbre depende do tamanho dessa caixa; do que mais?*

42 - Aluno: da madeira, da caixa para “aumentar” o som.

43 - Professor: Vocês escutam melhor com a caixa?

44 - Aluno: Sim.

45 - Professor: Então, há alguma mudança na qualidade do som. Você escuta com uma intensidade maior, é isso?

47 - Vou passar dois vídeos, aqui, e peço que vocês reparem na vibração desses corpos e a relação deles com o tom que esta sendo emitido. (vídeo em que há um material com consistência de gelatinosa vibrando de diferentes modos de acordo com um som emitido).

48 - Aluna: ela (chamando o material de gelatina) muda, professor!

49 - Professor: muda, e depende de quê?

50 - Aluno: do timbre.

51 - Professor: depende o som; do tom emitido; da frequência do som.

52 - Aluno: gostei!

53 - Professor: agora vocês vão ver outro que mostra figuras mais interessantes ainda. Aqui a frequência vai crescendo e vai de uma frequência bem baixa até uma frequência que a gente quase não consegue escutar mais. Você vai ver as figura e os padrões de vibração que vão ser formado aqui.

(o vídeo consiste em uma superfície, sobre a qual é jogado um material, que se assemelha à areia ou sal, onde é emitida uma frequência crescente e a superfície vibra com mesma frequência formando padrões diferentes).

54 - Aluno: tem uma figura pra cada som!

55 - Aluno: que legal, você encontrou esse vídeo no “youtube”?

56 - Aluna: professor, mas nesse caso aí é um som...? O que acontece?

Verificamos neste trecho que o aluno em 40 expressou um conceito-em-ação (timbre), que mesmo correto mostrou-se inconsistente se comparado a fala do mesmo aluno em 50.

Intervimos (em 45) para aproximar o conceito-em-ação “aumentar o som”, expresso em 42, do conceito da Física “intensidade maior”.

Observamos ainda em 52, 54, 55 e 56 expressões que demonstram motivação e curiosidade pelos vídeos interativos apresentados. Acreditamos que o fato de apresentar vídeos interativos ligados às discussões de ensino e aprendizagem também influencia os alunos a serem mais seletivos ao utilizar a internet.

5.2.2.2 Altura e intensidade sonora

1 - Professor: Prestem atenção nessa pergunta: dizer que você amplificou um som quer dizer que você aumentou a altura desse som?

2 - Aluno: não, aumentou a frequência dele.

3 - Professor: vamos diferenciar essas idéias.

4 - Aluna: eu acho que aumentou a intensidade do som. (em voz baixa no fundo da sala)

5 - Professor: a intensidade do som é diferente da altura do som.

6 - Eu sei que normalmente usamos como se fosse a mesma coisa, porque falamos assim: aumenta esse som, porque não estou ouvindo! Nesse caso você não está aumentando a altura e sim a intensidade do som.

7 - Aluna: É como se fosse aquele som (ela canta um tom bem agudo), mas ele não é “alto”.

8 - Professor: Você está cantando uma frequência alta, mas ele não é intenso.

O conceito em ação, na fala 2, mostrou-se diferente do cientificamente aceito, contudo, 4 e 8 mostram-se mais próximos e a partir da intervenção, em 63, aproximamos os termos dos científicos.

9 - *Professor: Olhem isso no violão: quanto toco essa corda solta (sexta corda), isso corresponde a uma nota Mi, quando pressiono essa outra casa é uma nota Sol, uma Lá, Si, Dó, Ré, Mi de novo. O que está acontecendo com as notas, elas estão ficando mais altas ou mais baixas? (toco com a mesma intensidade)*

10 - *Alunos: (ficam em dúvida, confusos, já que não percebem diferença na intensidade o que associam a “altura”, muitos associam a tonalidade, a mudança de notas, de frequência ou timbre. (Ver questões 8 e 10 do teste anterior à intervenção).*

11 - *Professor: Vamos fazer o seguinte: vamos ligar o violão ao computador e ver o que acontece com a onda, representado no programa, quando tocamos uma nota no violão de maneira forte, fraca ou variamos a frequência dela.*

(tocamos uma escala progressiva, variando notas de dó a si, por fim tocamos um tom muito agudo)

12 - *Professor: O que eu fiz?*

13 - *Aluno: Aumentou a frequência.*

14 - *Professor: Isso, aumentei a frequência; mudando a nota, aumentando a nota.*

15 - *Professor: Agora, vamos olhar estas ondas gravadas e perceber a diferença entre a primeira nota que eu toquei e a última.*

16 - *Aluno: A onda está menor. (fazendo gesto de mais curta)*

17 - *Professor: Com toda essa onda que temos gravada, eu vou selecionar apenas uma parte e o programa nos dá a possibilidade de amplificar essa nota. Olhem o efeito de amplificar. Repare na onda, o que aconteceu com ela?*

18 *Aluna: Ficou assim. (fazendo gesto de que a onda ficou maior verticalmente)*

19 - Professor: *Qual é o nome dessa distância que vai do centro até o pico da onda?*

20 - Aluno: *Amplitude.* (depois de alguma insistência)

21 - Professor: *Então, quando amplifico o que fica maior na onda?*

22 - Alunos: *A amplitude dela.*

23 - Professor: *E o som fica mais fraco ou mais forte?*

24 - Alunos: *Mais forte*

25 - Professor: *Mais intenso?*

26 - Alunos. *É.*

27 - Professor: *Significa você girar o botão do seu aparelho de som, para intensificar o som.*

28 - Professor: *Vamos ver se vocês entenderam? Quem pode fazer para mim um som mais intenso que esse?* (bati as palmas da mão levemente)

29 - Alunos: *Vários deles bateram palmas muito intensas.*

30 - Professor: *Vocês sabem qual a frequência das palmas que vocês bateram?*

31 - Alunos: *Não.*

32 - Professor: *mas sabemos que é mais intenso porque...*

33 - Alunos: *Ouvimos mais forte.*

34 - Professor: *E se eu toco esta nota no violão e quero uma nota mais alta, devo apertar as notas para minha direita ou esquerda.*

35 - Alunos: *Direita.* (certo, já que indicou o sentido crescente das notas)

36 - Professor: *Ok. Aumenta a...*

37 - Alunos: *Frequência.*

Fica evidente a evolução dos conceitos para o aluno através das diferenciações progressivas e das intervenções para aproximar os conhecimentos-em-ação do cientificamente aceitos, se seguirmos as seqüência para o trabalho da frequência e altura da nota musical em

13, 14, 16, 35 e 37; e para o trabalhado da intensidade sonora em 18, 19, 20, 22, 24, 26, 29 e 33.

5.2.2.3 Timbre

Por verificarmos no teste, anterior às aulas, confusão entre os conceitos que envolvem qualidades do som, estes conceitos foram retomados, sendo trabalhados gradativamente em várias das aulas com diferentes situações; o timbre é um destes conceitos.

1 - Professor: O que é o timbre? Quem sabe me dizer?

2 - Aluno: Seria a voz do som.

3 - Aluno: Diferença da voz.

4 - Professor: Bom... mas, o que acontece com a onda para gerar esse timbre diferente? Vamos fazer uma experiência rápida: vou gravar uma nota de duas maneiras. Na primeira vou mandar o computador produzir essa nota: é um tom de 440 Hz. (o programa mostra a onda “limpa”. Agora, aqui no violão essa mesma frequência é aqui. (pressionando a quinta casa da sexta corda).

5 - Professor: Vamos comparar os sons. (toco o tom no violão e toco o tom no computador) A frequência é a mesma. O que vocês acharam?

6 - Alunos: O do computador é feio.

7 - Professor: Mas, se é a mesma frequência o que faz o som do violão ser mais agradável?

Vamos gravar agora essa do violão e ver como é essa onda. (gravei e aproximei a onda)

Agora, vamos comparar as duas.

8 - Professor: Você percebe que as duas “andam” aproximadamente juntas. Repare vale com vale e picos com picos.

9 - Aluno: mas, a do violão é mais deformada, a outra é certinha.

10 - Professor: *Por que será que ela fica assim deformada, como você diz? Você lembra lá no começo quando falamos que o violão para gerar seu som precisa daquela caixa acústica, de cordas que variam em espessura.*

11 - Aluna: *A caixa dá “interferência” no som.*

12 - Professor: *Os diferentes tipos de caixas acústicas interferem no som produzido. Cada detalhe desses, em um violão, vai produzir uma característica diferente no som dele.*

13 - Aluno: *Essas curvas na onda (se referindo ao que o outro havia chamado de deformações) têm a ver com isso?*

14 - Professor: *Sim, são sobreposições de diferentes ondas e padrões. É como se fosse uma onda dessas “limpas” (mostrando a produzida pelo computador) somada a outras ondas.*

15 - Aluna: *Várias ondas se misturando.*

16 - Professor: *Isso, se sobrepondo.*

Nesta primeira situação, proposta especificamente para o trabalho do conceito de timbre, percebemos termos sem muita precisão ou de senso comum como em 2, 3, 6, 9 e 15, mas, que contribuíram para o desenvolvimento do conceito sendo valorizado o conhecimento prévio dos alunos como demonstram as expressões 7 e 16. Contudo, ainda que não fizéssemos referência ao termo interferência uma aluna o utiliza de maneira aproximada à cientificamente aceita, considerando a ressonância um caso da interferência.

Repetimos um procedimento semelhante (em outra aula), porém, usando a gaita onde gravamos, no *Audacity*, as ondas sonoras de uma pequena música tocada neste instrumento, para análise. Tocamos, também, uma única nota (Dó), que foi interpretada pelo programa e apresentou a frequência precisa de 531, 325hz. Fizemos com que o programa gerasse uma onda “limpa” (fundamental) com essa mesma frequência para comparação com a da gaita de onde obtivemos:

17 - Professor: *Agora, vou colocar o programa para gerar um tom com essa frequência.*

18 - Aluno: *Mas com o mesmo timbre?*

19 - Professor: *Reparem qual o formato da onda sonora produzida por uma gaita. Se eu tocasse as mesmas notas com um violão a onda iria aparecer diferente?*

20 - Aluno: *Porque é um instrumento diferente: o timbre.*

Destacamos a pergunta pertinente do aluno (18), e a fala de outro em 20, o que nos permite inferir um aprendizado do conceito, vista sua correta expressão em situação diferente das já apresentadas. Ainda em aulas seguintes verificamos conhecimentos em ação que ratificam esta inferência, como nas expressões 21, 23, 25, 26, 27 e 29 a seguir.

21 - Aluno: *Muda a música, mas o timbre não muda.*

22 - Professor: *Então, quando eu toco uma nota lá aqui no violão, ele está misturando a vibração da corda e o que mais?*

23 - Aluno: *Com a caixa do violão.*

24 - Professor: *Então, todo o violão está vibrando quando toco esta nota.*

25 - Aluno: *É mesmo, entendi.*

26 - Aluno: *É uma mistura de ondas.*

27 - Outro: *É um som composto.*

28 - Professor: *Então, é como se pegássemos várias ondas e compuséssemos o que do violão?*

29 - Alunos: *O timbre do violão.*

5.2.2.4 Interferência, batimento, ressonância

Depois de trabalhado o conceito de interferência, através de imagens contidas nos slides das aulas propostas no material de apoio ao professor, destacamos as seguintes situações:

1 - *Professor: Vamos tentar criar uma interferência com o som. Vou usar este programa para gerar duas ondas de frequências um pouco diferentes. Ali eu coloco a frequência em...*

2 - *Aluno: Hertz.*

3 - *Professor: H, z. Não é?*

4 - *Aluno: 220.*

5 - *Outro: Hertz.*

6 - *Professor: Vou colocar outra de 224 Hz. Ampliando as duas, não sei se você percebe que uma está um pouco deslocada em relação à outra, pela diferença da frequência.*
(comparando as ondas)

7 - *Aluno: a frequência da de baixo é maior; está um pouco na frente.*

8 - *Professor: agora antes de colocar as duas ondas para emitirem o som vou separar uma em cada canal, ou seja, uma vai tocar na caixa de som do lado esquerdo e a outra na caixa de som do lado direito.* (coloco ambas para tocar)

9 - *Professor: Agora vou colocar só uma para você ver a diferença.*

10 - *Professor: Qual a diferença entre as duas situações?*

11 - *Alunos: Na primeira situação é intercalada.*

12 - *Outros alunos: Intermitente; inconstante.*

13 - *Outro aluno: A segunda fica constante.*

14 - *Professor: Mas porque será que isso aconteceu? Será que houve interferência entre as ondas?*

15 - *Aluno: Houve, porque uma frequência é maior do que a outra.*

16 - Professor: *Vamos fazer o seguinte. Para mostrar, se houve, ou não, interferência vamos gravar este som intermitente, como disseram, e ver como fica esta onda.* (gravamos num pequeno gravador de áudio digital e transferimos a onda para o programa; neste momento utilizei o mesmo gravador, que registrava as aulas). Observamos, primeiramente, uma figura como a de número 34 a seguir, que em seguida foi expandida com o recurso *zoom* do programa:

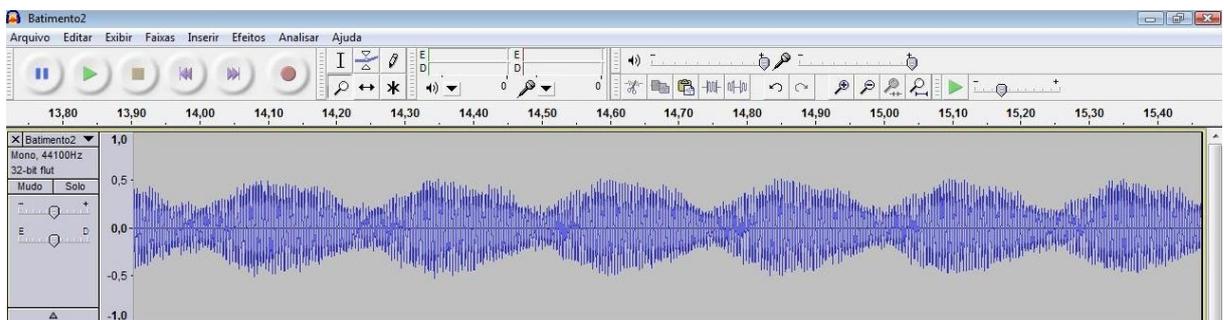


Figura 34: Representação gráfica de ondas sonoras, num fenômeno de batimento observado em sala de aula.

17 - Professor: *Existem, nesta figura, pontos de interferência construtiva e destrutiva?*

18 - Alunos: *Sim.*

19 - Professor: *Por que dizem isto?*

20 - Alunos: *A amplitude aumenta e diminui.*

(...)

21 - Professor: *No momento em que o som estava mais intenso que tipo de interferência vocês acham que ocorreu?*

22 - Alunos: *Construtiva.*

Os alunos demonstraram uma crescente facilidade na observação das ondas sonoras de maneira gráfica no *Audacity* e na utilização de termos do campo conceitual em que trabalhamos, como mostrado em 2, 4, 5 e 7. Perceberam a intermitência da onda sonora no fenômeno de batimento quando o diferenciamos em duas situações, expressaram seus teoremas-em-ação em 11, 12, 13 e 15 (ressaltamos que o teorema-em-ação da fala 15 é

verdadeiro de maneira restrita ao fenômeno de batimento, consideramos uma análise crítica por parte do aluno). Os conceitos-em-ação dispostos em 20 e 22 nos deixam inferir uma aproximação do entendimento do fenômeno de interferência e sua relação com a amplitude da onda.

(É proposta uma nova situação para o conceito de ressonância)

23 - *Professor: Agora vamos usar um instrumento musical para mostrar isso. O que tem a ver um instrumento musical com ressonância? Onde vamos usar ressonância num violão?*

24 - *Gravamos pequenos vídeos e vamos observar as situações seguintes:*

25 - *Professor: Primeira coisa: Vamos tentar ver se este violão está afinado, grosso modo, como vemos isso? Se a música...*

26 - *Aluna: Estiver agradável.*

27 - *Professor: Agradável, harmônica...*

(passo um vídeo da gravação de diversos trechos de músicas conhecidas, que utilizam todas as cordas do instrumento).

28 - *Professor: Então, vocês concordam que o violão está afinado?*

29 - *Alunos: Sim.*

30 - *Professor: Ok. Então, agora vamos tocar a quinta casa da última corda, lá de cima, que se chama Mi. Vamos apertar esta casa do violão e tocar a nota Lá. Um tom Lá, que tem 440 Hz. E aí nós vamos ver se as outras cordas vão vibrar quando tocarmos esta, reparem. (o vídeo mostra, bem próximo, que as cordas não vibram enquanto a nota Lá é tocada, para verificar isto é colocado um pedaço de papel sobre a corda).*

31 - *Professor: Agora, vou tocar harmônicos nas cordas. Estes harmônicos são usados para afinar o violão, são tons fundamentais e que têm amplitude alta. Em seguida,*

vou tocar um harmônico na décima segunda casa, uma nota Mi, da sexta corda e tocar a mesma nota na corda de baixo. Verificamos que as notas têm a mesma frequência.

32 - Aluno: Mesmo tom.

33 - Professor: Agora, soltei a corda um pouco, girando a tarraxa (peça do violão que tenciona a corda). Novamente toquei o harmônico e a corda de baixo. Olhe como o som está.

34 - Como se chama este fenômeno?

35 - Alunos: Batimento.

36 - Professor: Viu o que aconteceu? As frequências estavam iguais. Soltei um pouco a corda. Ou seja, deixei a frequência um pouco menor que da outra. Por isso apareceu...

37 - Aluno: o batimento.

Apresentamos, até aqui, novas informações para que os alunos pudessem fazer comparações entre diversos sons como harmônicos (31) e perceber que a sonoridade de tons de mesma frequência (32), já que a situação colocada para eles a fim de que verificassem o fenômeno de ressonância exigiria deles esta percepção auditiva. Em meio a estas informações inserimos o fenômeno de batimento, utilizando o violão de onde inferimos uma possível aprendizagem significativa, pois identificaram prontamente (35 e 37) o fenômeno em uma situação bastante diferente da primeira apresentada a eles.

(em outro vídeo no qual tocamos apenas uma das cordas pressionadas)

38 - Alunos: O papel está tremendo.

39 - Aluna: A corda está vibrando.

40 - Professor: Mas eu não encostei nesta corda de baixo, que está vibrando. O que aconteceu para ela vibrar?

41 - Aluno: Posso dizer que a corda de cima está vibrando várias vezes por segundo?

42 - Professor: Pode. Quantas vezes por segundo? Então quando essa de baixo vibra sem que eu encoste nela, está acontecendo qual fenômeno físico para que ele vibre?

43 - Alunos: *Ressonância.*

44 - Outro aluno: *Mesma frequência.*

O fenômeno de ressonância foi trabalhado em diversas situações, como no vídeo da ponte de Tacoma e nas caixas ressonantes. Assim, chegaram à idéia de ressonância utilizada como forma de afinar um violão com subsunçores bastante inclusivos, possibilidade que os fez identificar prontamente o fenômeno nas cordas do instrumento como mostrado em 38, 39, 41, 43 e 44, a utilização do conceito em problemas apresentados de maneira diferenciada, parece facilitar a aprendizagem significativa deste conceito.

5.2.2.5 Equações fundamentais da física ondulatória

Defendemos a não matematização da Física, contudo é evidente a necessidade de se trabalhar com equações matemáticas, sobretudo para auxiliar o aluno na compreensão e interpretação de fenômenos físicos. Os trechos de aulas a seguir, trazem a evidente dificuldade dos alunos no contato com a matemática.

➤ $f=1/T$:

Procuramos, através da expressão acima, fazer com que os alunos aproximassem seus teoremas-em-ação da inversibilidade existente, na proporção entre frequência e período.

1 - Professor: *Vamos seguir: qual a relação entre a frequência de uma onda e o período de oscilação dela?*

2 - Alunos: *(pensativos)*

(usando o software Audacity, geramos outra onda abaixo da primeira, de 100hz e em seguida de 200hz)

3 - Professor: *Para isso, vou gerar agora uma onda de frequência 200 Hz. E aqui, (mostrando com o ponteiro uma escala de tempo) qual o período dessa onda?*

4 - Alunos: *0,0050 segundos.*

5 - *Professor: Vamos comparar as duas ondas. Quando eu aumentei a frequência de 100 para 200 Hertz, o que aconteceu com o período?*

6 - *Alunos: Diminuiu.*

7 - *Professor: Isso, estava em 0,0100 e foi para 0,0050s.*

8 - *Aluno: Mas em menos espaço que a onda ocupou.*

9 - *Professor: Bom, então quer dizer que o comprimento da onda ficou...*

10 - *Aluno: Menor.*

11 - *Professor: Enquanto a frequência...*

12 - *Alunos: Aumentou*

13 - *Professor: E o período?*

14 - *Alunos: Diminuiu.*

15 - *Professor: Então, se eu pergunto para vocês: a frequência é diretamente ou inversamente proporcional ao período?*

16 - *Vários alunos: Inversamente proporcional.*

17 - *Professor: Claro, o contrário também é válido. O que nós queremos mostrar aqui é exatamente o que vocês falaram; que a frequência é o inverso do período, inversamente proporcional. Como se escreve isto de uma maneira matemática? Assim (mostro slide com a relação $f=1/T$). Caso queira calcular a frequência de uma onda, uma maneira é saber período dela. Vamos ver se está certo isso? Qual era a frequência da primeira onda?*

Fizemos as contas utilizando a equação para verificar a observação feita através do programa. Verificamos que, após obter o resultado de maneira simples, vários deles conseguiam externar o significado físico daquele valor em hertz ou em segundos.

As respostas contidas em 4, 6, 10, 12 e 14 evidenciam uma representação correta da parte dos alunos quanto aos conceitos questionados a eles, pois fizeram observações corretas; a expressão 7 mostra uma observação crítica, que usaríamos já para trabalhar a segunda

equação; sobretudo, a expressão 15 evidencia um teorema-em-ação bastante próximo ao da equação $f=1/T$. Representações pertinentes também são verificadas com relação às expressões em negrito abaixo:

➤ $V = \lambda f$:

Após fazer a dedução desta equação fundamental da física ondulatória, de maneira simples, comparando-a equação da velocidade média já estudada pelos alunos no semestre anterior, iniciamos a verificação prática deste teorema usando nossos recursos computacionais, de onde obtivemos:

17 - *Professor: Se eu aumentar o valor da velocidade o que vai acontecer com a frequência? (analisando a equação $v=\lambda f$)*

18 - *Aluno: Vai aumentar também.*

Professor: Será que na prática isso realmente acontece?

19 - *Aluno: Acho que acontece.*

20 - *Professor: Nesse programa, se nós movimentarmos essa seta (mostrando no programa) ele aumenta a velocidade de passagem da onda. Aumentar a frequência vai fazer o som ficar mais agudo ou mais grave?*

21 - *Maioria dos alunos: mais agudo.*

22 - *Professor: Agudo. Vamos ver se isso acontece quando duplico a velocidade da onda. (feito isso) O som ficou mais agudo?*

23 - *Alunos: Ficou.*

24 - *Professor: Quer dizer que aumentando a velocidade de passagem da onda a frequência aumenta?*

24 - *Alunos: Sim.*

Consideramos que o auxílio do software foi importante facilitador na interpretação física das situações, nas quais trabalhamos com os conhecimentos-em-ação relacionado às

equações fundamentais da Física Ondulatória, visto que os próprios alunos podiam verificar prontamente a proporcionalidade das variáveis existentes nestas equações e fazer suas diferenciações progressivas e assimilações.

5.2.3 Verificação de aprendizagem de forma oral:

Outros invariantes operatórios compuseram os esquemas apresentados pelos alunos de maneira precisa quanto aos conceitos cientificamente aceitos, em aulas diversas:

1 - Professor: Qual das vezes que eu toquei a música ela teve a frequência maior?

2 - Aluno: Na primeira, porque você tocou de um jeito que teve menos espaço para a corda vibrar.

3 - Professor: E aumentando a amplitude você aumenta a...

4 - Aluno: intensidade.

5 - Professor: Qual a diferença entre uma nota Ré e uma nota Mi tocadas no violão?

6 - Alunos: Muda a frequência delas.

7 - Professor: Da Ré, para a Mi a frequência aumenta ou diminui?

8 - Alunos: Aumenta.

9 - Outro aluno: Não, eu não sei onde está a nota!

10 - Professor: Ah, estão dentro da mesma escala.

11 - Aluno: Então; da Ré para Mi, aumenta a frequência.

As respostas expressadas por 4 e 6 nos permitem identificar conhecimentos-em-ação pertinentes, contudo a resposta presente em 2 mostra-se mais elaborada, caracterizando uma compreensão da relação entre comprimento de onda, vibração e frequência. E ainda, a resposta 9, questiona a colocação do professor para condicionalmente expressar 11, o que nos leva inferir não só uma aprendizagem significativa deste conceito trabalhado, mas de maneira crítica.

5.3 Materiais de apoio – Listas de exercícios

Foram trabalhadas duas listas de exercícios, que estão dispostas nos apêndices B e C.

5.3.1 Lista de exercícios número 1

A lista de exercícios de número 1 foi aplicada logo após a terceira e quarta aulas com a finalidade de estimular explicitação de conhecimentos-em-ação de através da escrita. Nas oito questões discursivas do exercício percebemos certa dificuldade em se expressarem de forma escrita, mas, sobretudo se expressarem de forma correta no campo conceitual da Física Ondulatória e, em certo momento, um aluno nos relatou: “professor, eu sei, mas não consigo colocar no papel”.

Consideramos que muito do novo conhecimento ainda não havia se ancorado a seus subsunçores de maneira efetiva; eles mostravam que compreendiam através de gestos ou indagações pertinentes, porém, ainda não conseguiam se expressar escrevendo. Em outras palavras, em nossa análise, a aprendizagem ainda não havia sido significativa devido a essa dificuldade na expressão e na transposição do que haviam expressado durante as aulas para a forma escrita. Como havíamos planejado a recorrência dos conceitos, seriam necessárias mais situações relacionadas àqueles conceitos para que fossem inseridos neste campo conceitual. Assim, acompanhamos os alunos na resolução das questões, discutindo cada uma delas separadamente.

5.3.2 Lista de exercícios número 2

A seguir estão os dados gravados durante a resolução de uma questão do exercício de número 2, presente no apêndice C. Aplicado após a sétima aula, esses foram colocados como situações-problema com as quais os alunos foram defrontados:

1 - Aluna: Professor, nessa questão 7 eu não posso usar essa equação ($f=1/T$).

2 - Professor: porque não?

3 - Aluna: porque 0,04 não é período.

4 - Professor: então você irá usar qual equação?

5 - Aluna: essa outra.

6 - Professor: essa equação te “diz” o quê?

7 - Aluna: que velocidade é igual ao comprimento da onda vezes a frequência.

8 - Professor: você sabe qual é a velocidade?

9 - Aluna: sei; é a velocidade do som; então, é 340 metros por segundo.

10 - Professor: o que se pede para calcular?

11 - Aluna: a frequência.

12 - Professor: o que mais o problema te diz?

13 - Aluna: o comprimento da onda.

14 - Aluna: Tá. Então, eu já sei, vou tentar.

Depreendemos deste diálogo, estimulado pela questão de número sete da lista de exercícios número dois, a dificuldade que vários alunos apresentam em fazer a leitura de um problema de Física e operar sobre ele. Seu esquema diante desta situação apresentou teoremas-em-ação (1, 7) verdadeiros e conceitos-em-ação (9, 11, 13) pertinentes. Ainda assim, não soube operar sobre o problema antes da leitura e auxílio na interpretação, por parte do professor. Contudo, após a resolução mecânica de dois dos problemas, a aluna compreendeu o processo chegando ao resultado esperado e fazendo, sobretudo, a correta interpretação física do enunciado e da resolução de questões seguintes. Não podemos deixar

de considerar a dificuldade na leitura, na semântica, e também na precária operacionalidade matemática como fatores relevantes a levar em conta na aprendizagem dos alunos da EJA, que podem ser amenizados e/ou solucionados com a aproximação do professor, como visto acima, mas, sobretudo, utilizando o que o aluno já sabe para que ele não se sinta incapaz de operar sobre as tarefas que lhe são apresentadas.

5.4 Questionário de opinião dos alunos

Com o questionário de opinião, presente no apêndice D, procuramos identificar possíveis momentos da intervenção quando, na visão dos 25 alunos, houve facilidade ou dificuldade na aprendizagem deles. Para isso, produzimos este questionário com oito questões discursivas, nos quais os alunos não precisavam se identificar, e poderiam escrever o quanto lhes conviesse. As perguntas se referiram à aprendizagem, à estratégia de ensino adotada na intervenção, ao uso dos instrumentos musicais, de computador e data show, dos vídeos interativos.

Alguns dos alunos apenas responderam as questões com sim e não; porém, a maior parte deles fez comentários. Seguem as transcrições e análises de algumas das respostas dadas pelos alunos. A primeira tabela questiona o uso de instrumentos musicais e algumas das opiniões apresentadas foram:

Tabela 2: Opinião dos alunos sobre o uso de instrumentos musicais em sala de aula.

O uso de instrumentos musicais facilita a aprendizagem dos conceitos físicos relacionados aos sons por eles emitidos?	
Transcrições	
<i>“Eu acho que os instrumentos em sala de aula facilitam mais nosso aprendizado, porque nós aprendemos mais e nos interessamos mais pelas aulas”</i>	<i>“Auxilia e facilita; mas, mesmo assim tenho dificuldade”</i>
<i>“Facilita a aprendizagem, fica mais fácil para identificar”</i>	<i>“Eu acho que, vendo e ouvindo, facilita a aprendizagem”</i>
<i>“Sim, sem dúvidas, o aprendizado fica bem desenvolvido, a explicação fica bem melhor, o conhecimento evolui mais rápido do que chegar no quadro e explicar”</i>	<i>“Facilita muito mais do que visto pelo computador”</i>

Com exceção do aluno que chamou atenção para sua dificuldade, todos os alunos consideraram que o uso de instrumentos musicais facilita sua aprendizagem.

Aparatos tecnológicos auxiliam na aprendizagem? Respostas dos alunos a esta questão estão na tabela a seguir:

Tabela 3: Opinião dos alunos sobre o uso de aparatos tecnológicos em sala de aula.

O uso de aparatos tecnológicos (computador, programas) em sala de aula auxilia a aprendizagem?	
Transcrições	
<i>“Sim! Porque conseguimos descobrir novas tecnologias”</i>	<i>“Auxilia. Podemos decifrar meios de sons específicos para o estudo, que no quadro não tem o mesmo ensino e a mesma explicação”</i>
<i>“Sim com certeza, porque evita de escrever e as aulas ficam mais interessantes e são novidades boas de ver, aprender e debater o assunto”</i>	<i>“Com certeza, as aulas ficam menos cansativas e mais interessantes, prende mais a atenção dos alunos e aguça a curiosidade”.</i>
<i>“Sim, assim deixa as aulas mais divertidas”</i>	<i>“Não”.</i>

Dos vinte e cinco alunos, um respondeu que o uso de aparatos tecnológicos não auxilia na aprendizagem de conceitos e dos demais responderam sim a esta questão.

A união dos dois recursos discutidos acima é o que vemos na tabela 3:

Tabela 4: Opinião dos alunos sobre o uso de aparatos tecnológicos e instrumentos juntos na aula.

Você acha que nas aulas onde usamos tanto os instrumentos quanto o computador juntos te ajudaram a compreender melhor o que é uma onda e os fenômenos físicos que as envolve?	
Transcrições	
<i>“Sim, porque só assim eu consegui resolver o questionário, porque auxilia a nossa memória”</i>	<i>“Sim, a gente passa a diferenciar melhor e entender melhor do que estamos falando”.</i>
<i>“Sim, com certeza consegui distinguir as mudanças de som e os seus fenômenos”</i>	<i>“Com certeza, somente a teoria não é suficiente e quando temos esses recursos tudo se torna mais fácil”</i>
<i>“Um pouco”</i>	<i>“Muito pouco, porque achei complicado”</i>

Vinte e duas pessoas responderam “sim”, duas responderam “um pouco”, uma “mais ou menos” e uma “muito pouco”.

Tabela 5: Opinião dos alunos sobre o uso vídeos interativos em sala de aula.

Você acha que os pequenos vídeos mostrados em sala fizeram você raciocinar sobre os conceitos que foram estudados?	
Transcrições	
<i>“Sim, com certeza, sem os vídeos não teria desenvolvido a diferença entre os conceitos”</i>	<i>“Sem dúvidas, não há o que questionar, ficou muito mais clara a matéria”</i>
<i>“Sim, acho que teria que aplicar mais vezes”</i>	<i>“Sim, porque as imagens ficam guardadas na nossa memória”</i>
<i>“Sim, mas nem tanto quanto se tivéssemos com o computador ou um instrumento”</i>	<i>“Mais ou menos”</i>

Uma pessoa respondeu “mais ou menos”; outra fez uma comparação com os outros recursos utilizados e os demais responderam sim para a importância dos vídeos interativos.

A tabela seguinte faz referência à vontade dos alunos de terem mais aulas do tipo das que participaram:

Tabela 6: Opinião dos alunos se gostariam de continuar tendo aulas com instrumentos e recursos audiovisuais

Você gostaria de continuar tendo este tipo de aulas em outros tópicos de estudo?	
Transcrições	
<i>“Sim, aprenderíamos mais, pois quanto mais interessantes forem as aulas, mais afasta o nosso cansaço do dia e não torna tão cansativo”</i>	<i>“Se tivermos a oportunidade em outras ocasiões, gostaria sim”</i>
<i>“Sim, meu aprendizado seria bem modificado e aprenderia mais rápido que no quadro”</i>	<i>“Sim, com mais instrumentos”;</i> <i>“Sim, com mais vídeos”</i>
<i>“Talvez, mas teria que ter mais tempo, porque percebi que não é pouca coisa”</i>	<i>“Sim, para aprender melhor, porque o tempo é curto”</i>

Uma aluna respondeu que talvez, em função do tempo e quantidade de conteúdo, os demais responderam que sim.

Agrupamos todas as respostas contidas nas cinco anteriores acima para construir este gráfico da figura 36:

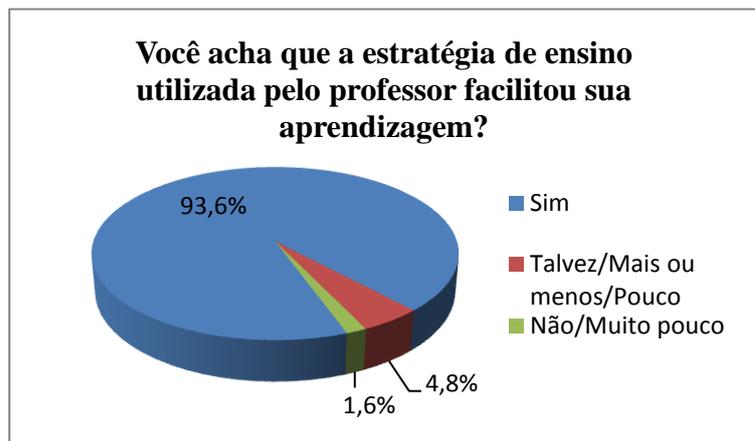


Figura 35: Gráfico sobre a opinião dos alunos (o gráfico é uma inferência feita partir de várias questões)

A solicitação de que os alunos expressassem sua opinião nas questões acima foi para verificar se eles concordavam ou não com nossa estratégia de ensino que, com efeito, é a hipótese de nosso trabalho, a qual foi dividida em várias perguntas: sobre os instrumentos musicais, sobre os aparatos tecnológicos, os vídeos, todos juntos e a eficácia deles na aprendizagem. É claro que a hipótese leva em consideração a fundamentação teórica, que julgamos não caber neste questionário. Assim, avaliando e reunindo cada uma das partes, inferimos que o aluno recebeu bem nossa hipótese de pesquisa de uma maneira geral. Obviamente, isso não se traduz em aprendizado de maneira significativa, mas uma possível disposição para aprender de maneira não-literal.

A tabela seguinte aborda a questão das faltas às aulas na perspectiva dos alunos.

Tabela 7: Uma auto-análise dos alunos quanto a suas faltas e o seu aprendizado.

Tivemos 13 aulas sobre Física Ondulatória. Você faltou a muitas dessas aulas? Acha que suas faltas prejudicaram a sua compreensão sobre a matéria?	
Transcrições	
<i>“Não, as coisas que eu perco eu tento recuperar, vou tentar não repetir de novo e eu tenho facilidade de aprender”</i>	<i>“Não, porque eu sou bastante interativo”.</i> <i>“Faltai 3 aulas, que estão fazendo falta agora”.</i>
<i>“Mais ou menos. Sim, me deixou muito perdida no assunto”</i>	<i>“Sim, com certeza, pois tive problemas para responder os questionários”</i>
<i>“Não faltai, mas acho essa matéria bem complexa”.</i>	<i>“Particularmente faltai muitas dessas aulas, mas isso só atrapalhou um pouco”</i>

O número de faltas observadas pode ser considerado relativamente alto, se comparado a uma turma de adolescentes em turno matutino, apesar do número de alunos em sala ter se mantido numa média entre 20 e 25 alunos. Contudo, os alunos da EJA mostraram-se conscientes do prejuízo que estas faltas trazem para que tenham um aprendizado consistente. Os relatos transcritos acima são uma amostra das respostas dos alunos, que estão colocadas em números no gráfico da figura 36 a seguir:

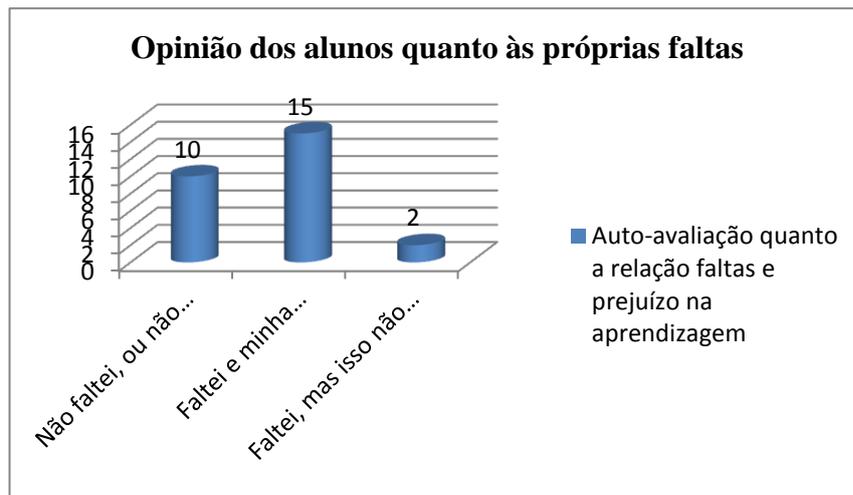


Figura 36: Gráfico da opinião dos alunos em relação às próprias faltas.

O gráfico mostra que a maioria dos alunos teve faltas durante as treze aulas de nossa intervenção e avaliam negativamente o reflexo destas faltas. Enquanto isso, dez dos alunos afirmam não terem faltado, o que é corroborado pelo controle de presenças que fizemos. A consequência da presença constante desses alunos é refletida nos números apresentados nos diversos gráficos acima, visto que é este o número aproximado de alunos que demonstrou melhora de rendimento entre o teste anterior e o teste posterior à intervenção.

A tabela a seguir informa opiniões dos alunos, numa auto-avaliação, sobre tópicos onde tiveram maior dificuldade:

Tabela 8: Uma auto-análise dos alunos quanto à dificuldade encontrada em tópicos do conteúdo

Em que parte do conteúdo apresentado você encontrou maior dificuldade?	
Transcrições	
“A diferença de frequência e comprimento de onda às vezes me confunde”	“Na frequência, timbre e intensidade”
“Na hora de identificar intensidade e	“Peguei um pouco no geral, mas me falta

<i>freqüência</i>	<i>um pouco mais sobre interferência</i>
<i>“O mais difícil para mim foi fazer os cálculos”</i>	<i>“Às vezes, nos confundimos; pelo menos eu, com freqüência, intensidade, aumenta, diminui, a relação entre elas”</i>
<i>“O das aulas que não estive presente”</i>	

O conceito de frequência esteve relacionado a quase todos os conceitos apresentados durante as aulas, não seria surpreendente vê-lo como o que os alunos teriam mais dificuldade. Porém, por essa razão foi o mais trabalhado nas situações que apresentamos aos alunos já que tem papel central no campo conceitual da Física das Ondas. O gráfico da figura 37 mostra em números a auto-avaliação dos alunos quanto aos conceitos que mais tiveram dificuldade:



Figura 37: Gráfico da opinião de alunos quanto ao tópico onde encontraram maior dificuldade durante o estudo.

Alguns alunos citam mais de um conceito em suas respostas e o gráfico conta cada citação independente do aluno. A opinião dos estudantes mostra coerência com as dificuldades que observamos nos diálogos e nos gráficos, aqueles que representam os testes, como na relação entre frequência e timbre, por exemplo. Neste caso, alguns alunos citaram frequência e timbre e os dois estão computados, outra citou frequência e intensidade e assim por diante.

Sugestões e crítica trazem a possibilidade de reflexão à nossa prática de ensino; neste sentido, a tabela seguinte informa algumas dessas na opinião de alunos que participaram desta pesquisa:

Tabela 9: Comentários gerais dos alunos sobre as aulas.

Se quiser, faça alguma crítica ou sugestão sobre as aulas de Física Ondulatória nas quais você participou.	
Transcrições	
<i>“As aulas tornaram-se mais interessantes, menos cansativas; os métodos que você usou ajudaram bastante e houve mais participação dos alunos, inclusive eu. A criatividade diferencia suas aulas, mesmo com o cansaço da sexta-feira da vontade de ficar até o final”</i>	<i>“Continue dando aulas usando instrumentos musicais”</i> <i>“O professor explica bem e tem muita paciência”</i>
<i>“Podia ter sido melhor se eu tivesse participado de todas as aulas, mas, até aqui, legal”</i> <i>“Uma das matérias mais curiosas e interessantes é a Física, mexe muito com nosso raciocínio lógico”</i>	<i>“Só acho que poderíamos ter um pouco de escrita sobre os conceitos e os itens mais importantes, pois só a aula prática na hora nós aprendemos, mas na semana seguinte já não lembramos bem e, com a escrita, nós podemos lembrar melhor.”</i>
<i>“Foi ótima; porque a matéria é interessante, o professor é muito responsável com suas explicações, passa tranquilidade e respeito aos alunos”</i>	<i>“Apostilas com conteúdo para estudar em casa”.</i> <i>“Foi muito interessante, desejei até tocar violão, apesar que, para mim, foram poucas as aulas”</i>

Nesta intervenção não utilizamos um material de apoio escrito para os alunos. Na EJA é freqüente a utilização deste tipo de material (apostilas), como principal recurso didático de trabalho. Procuramos apresentar outra opção a esta prática na tentativa de desfazer um condicionamento do aluno em ler e responder conforme o texto. Contudo, notamos ao fim da intervenção a necessidade de não abandonar definitivamente estes materiais escritos, utilizando-os, porém, sem que sejam a única opção para se trabalhar conceitos.

5.5 Dados da presença dos alunos em sala de aula

O cálculo da média aritmética depois de transcorridas 13 aulas da intervenção foi de 23 alunos presentes, considerando a presença nos testes. Contudo, um total de 37 alunos foram a alguma das aulas, valor sobre o qual foi calculada as porcentagens presentes no

gráfico abaixo. Desses 37 alunos, 21 foram a pelo menos 70% das aulas. Três dos alunos que estiveram presentes na maioria (mais de 7) das aulas não fizeram o pós-teste, o que pode ser verificados na tabela a seguir:

Tabela 10: Presença dos alunos nas aulas;

Aulas em que os alunos estiveram presentes											
Nº Aluno	Teste anterior	Aula 1 e 2	Aula 3 e 4	Aula 5	Aula 6 e 7	Aula 8	Aula 9 e 10	Aula 11 e 12	Aula 13	Testes posterior	Todas aulas
1	---	---	X	X	---	---	---	X	X	X	5
2	X	X	---	---	X	X	X	---	X	X	7
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
4	X	---	---	X	X	X	---	X	---	---	5
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
6	---	X	---	---	---	X	---	---	X	X	4
7	X	---	X	X	X	---	X	X	X	X	8
8	---	X	---	X	X	---	---	---	---	X	4
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
11	X	X	X	X	---	X	X	X	X	X	9
12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
14	X	X	X	T	---	---	---	---	---	---	3
15	X	---	---	X	X	---	---	X	---	X	5
16	---	---	---	X	0	0	---	X	---	X	3
17	X	---	X	X	X	X	X	X	X	X	9
18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
19	---	X	---	---	X	X	X	---	---	---	4
20	X	ABA	---	---	---	---	---	---	---	---	1
21	X	---	X	X	X	---	X	X	X	X	8
22	---	X	X	---	X	AT	AT	X	X	X	6
23	---	---	X	---	AT	AT	AT	X	X	X	4
24	X	X	---	---	X	X	---	---	---	---	4
25	X	---	---	---	X	---	---	X	X	X	5
26	---	---	X	X	X	X	X	X	X	---	7
27	X	---	X	X	X	X	---	X	X	---	7
28	---	---	---	---	X	---	X	---	---	X	3
29	X	---	---	X	X	---	X	X	X	X	7
30	---	X	X	X	X	X	X	---	X	X	8
31	---	---	X	X	X	X	X	X	X	X	8
32	X	X	X	X	---	X	X	X	X	X	9
33	X	X	X	X	X	X	X	X	---	X	9
34	---	---	---	X	X	X	---	X	---	---	4
35	---	X	---	X	X	X	X	X	X	---	7
36	---	X	---	X	X	X	X	X	---	X	7
37	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
Total Alunos	22	20	21	26	28	23	22	27	24	27	Média = 23
Porcentagem	59%	54%	57%	70%	76%	62%	59%	73%	65%	73%	Média=65%

(AT – Atestado Médico; ABA – Abandono; T – Transferência)

A tabela traz algumas das razões comuns pelas quais os alunos faltaram às aulas (alunos 14, 20, 22, 23). As demais causas dessa instabilidade na frequência com que vieram às aulas é devida, principalmente, às características próprias da EJA, como já nos referimos no capítulo pertinente da revisão bibliográfica. Particularmente identificamos naturalmente junto aos alunos além dos casos de atestados médicos por várias semanas e mudança de Estado, dificuldades financeiras e familiares e outras ocorrências que, por vezes, impediram a presença em sala de aula. A tabela serve de referência para o gráfico seguinte:

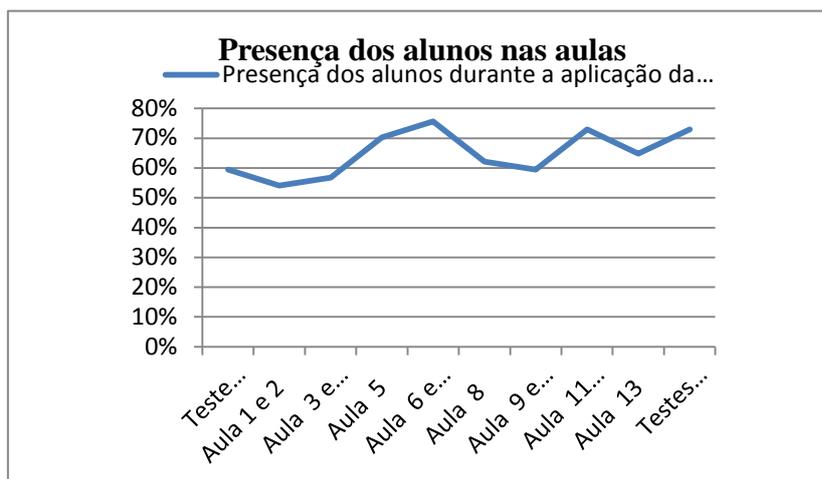


Figura 38: Gráfico da presença dos alunos ao longo da intervenção da pesquisa

Depreendemos do gráfico da figura 38 a inconstância do número de alunos em sala de aula. Aproximadamente 14 alunos estavam sempre presentes e ainda que a média mantivesse em 23 alunos, pudemos observar o revesamento de alguns deles.

Não achamos, portanto, uma relação de causa e efeito entre a estratégia de ensino desenvolvida neste trabalho e o número elevado de falta; o contrário pode ser verificado nas tabelas relativas ao questionário de opinião. Vale lembrar: não podemos deixar de considerar o fato de nossas aulas duplas serem nos dois primeiros horários noturnos da segunda-feira e a simples, no último horário da sexta-feira; especialmente nos dois primeiros, os alunos muitas vezes chegavam com atraso ou não chegavam a tempo de nossas aulas, vindos do trabalho.

O elevado número de faltas não é o fator definitivo na qualidade da aprendizagem; contudo, não podemos deixar de considerá-lo como importante, sobretudo porque a presença era essencial na maneira visual e interativa como as aulas foram desenvolvidas.

Mais considerações e conclusões a respeito das discussões precedidas são apresentadas no capítulo seguinte.

Capítulo 6 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta dissertação consideramos as idéias de situação, esquema e conhecimentos-em-ação, na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais, aliada às de subsunções, conhecimentos prévios e assimilação da Teoria da Aprendizagem Significativa como sendo essenciais para o desenvolvimento deste tipo de trabalho, vista a consistência com que cada uma das teorias interpreta possibilidades de interação do aluno com as estratégias de ensino apresentadas a eles, ora de maneira mais inclusiva à estrutura cognitiva do aluno, ora de maneira menos inclusiva, porém ambas se complementando.

Pudemos observar esta complementaridade através da aplicação da metodologia em que traçamos um planejamento de intervenção baseadas nas situações, entendidas na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.

Os resultados desta intervenção emergiram especialmente nos diálogos apresentados na discussão dos dados, onde buscamos identificar na manifestação dos alunos as bases conceituais que nos fundamentaram e de onde podemos identificar uma inserção dos alunos no campo conceitual da Física Ondulatória, vista a evolução conceitual expressada por eles pela explicitação de teoremas e conceitos-em-ação, a cada situação, mais próximos ao cientificamente aceito. Em outros termos, a expressão adequada por parte dos estudantes após a variação das situações-problema, ou a correta transposição dos conceitos trabalhados com eles em diversas tarefas nos permite inferir uma aprendizagem significativa de vários desses conceitos, como os introdutórios às ondas, interferência, batimento, ressonância e abordagens adjacentes ao conceito de frequência.

Contudo, a análise dos testes nos trouxe uma esperada constatação, a de que a evolução apesar de ocorrer, como evidenciada através dos gráficos, foi lenta. Essa análise reflete também a inconstante presença dos alunos em sala e, se observarmos que o aumento de

acerto das questões antes e depois da intervenção varia em aproximadamente 10 a 15 alunos, o que pode ser revisto na tabela de presença constatamos que foram esses alunos que efetivamente participaram de todo processo de intervenção, obtendo maior rendimento em termos de aprendizagem. No entanto, levada em conta tal inconstância do número de alunos em sala, podemos considerar um crescimento (em números absolutos) da presença ao longo da pesquisa, ainda mais se lembrarmos que este número tende a cair dada característica da evasão na EJA.

No capítulo da revisão de literatura já havíamos acrescentado diversos comentários observando referências à utilização de instrumentos musicais, vídeos interativos, e aparatos tecnológicos. Cabe lembrar a constatação de que poucos trabalhos neste campo de Física das Ondas trazem referenciais teóricos de ensino e de aprendizagem, o que consideramos um equívoco vista a necessidade de solidificação das pesquisas em ensino de ciências que dêem suporte efetivo às ações em sala de aula. Verificamos também que pouco se pesquisa no campo de Física Ondulatória e, em apenas um artigo encontramos referência à utilização de instrumentos musicais em aulas de Física, ainda assim, no ensino fundamental, visto que o conteúdo é tratado de maneira pouco aprofundada nesse nível de ensino.

Este trabalho nos indica que a utilização de instrumentos musicais, aliados aos aparatos tecnológicos no âmbito da EJA, é uma estratégia de ensino eficaz, pois auxilia na solução de problemas sobre diversos temas também possibilita formas diferenciadas de trabalho, como:

- o escasso tempo para se trabalhar os conceitos;
- a necessidade de manter os alunos motivados não só com relação ao aprendizado, mas em simplesmente permanecerem estudando;
- as características dos alunos da EJA;

- a quantidade de combinações possíveis para criação, por parte do professor, de situações relacionadas a um ou a diversos conceitos com a finalidade da aprendizagem significativa;
- a oportunidade de aproveitamento do conhecimento musical dos alunos possibilitando que tragam de maneira mais direta seus conhecimentos prévios quanto à ondulatória;
- a apresentação de novas tecnologias como as utilizadas na computação;
- ao estímulo ao melhor uso da Internet através dos vídeos interativos.

Vale fazer considerações sobre alguns outros pontos:

- A decisão por uma pesquisa prioritariamente qualitativa passou, principalmente, pela necessidade de interpretação das ações dos alunos. As grandes diferenças entre eles vinda de variáveis como diferença de idades, atitudes, comportamentos e conhecimento prévio é tão nítida que caberia uma pesquisa só para averiguar este aspecto. Queremos dizer que, a nosso ver, seria um erro crucial delinear esta pesquisa num viés somente quantitativo, pois médias e desvios-padrões encobririam variáveis importantes, as quais em parte representam tal discrepância.
- Nenhum aluno sabia tocar um instrumento musical, sendo que uma aluna estava diretamente envolvida com música, pois promovia festas onde trabalhava como DJ (*Disk Jockey*). Ela demonstrou maior interesse pelo estudo de ondas sonoras, se comparado aos que não tinham relação direta com a música. Neste sentido, consideramos que o interesse pelo aprendizado de conceitos de Física Ondulatória seria tanto maior quanto maior fosse o envolvimento dos alunos com este campo conceitual, ou seja, acreditamos que quanto mais se envolverem com música, sons, instrumentos musicais, maior a disposição para aprender de maneira significativa estes conceitos.

- Consideramos alguns fatores para destacarmos, como relevante, o estudo do fenômeno de batimento sonoro: em primeiro lugar, por ser uma forma de caracterizar a interferência de ondas sonoras, já que se torna difícil a sua percepção visual. Depois, por ser um fenômeno que muitos alunos acham interessante, como pudemos constatar em sala de aula e na transcrição dos diálogos, sendo assim um fator de motivação ao estudo. Ademais, a análise gráfica feita através do Audacity possibilita uma integração entre vários dos conceitos trabalhados antes separadamente, como também a observação deste fenômeno em instrumentos musicais.
- Considerando a relação existente entre Física, Música e Arte entendemos que, possivelmente, esta aproximação esteja no campo subjetivo da ciência e da arte, ou seja, no fato de ambas serem atividades criativas, intuitivas, ora racionais, ora emotivas ou, ao mesmo tempo, precisas. Acreditamos que aí também resida a possibilidade do aluno se interessar por Física através da música como um recurso motivador ao estudo, já que não são conhecimentos antagônicos, nem excludentes.
- Ainda que tenhamos trabalhado com Jovens e Adultos e não com crianças e adolescentes, verificamos que atividades que saiam do tradicional quadro e giz, sendo lúdica ou não, estimularam os alunos ao querer aprender, verificando uma clara motivação pela maior parte dos alunos, o que pode ser observado nas respostas ao questionário de opinião. Entendemos que, mesmo que o fator motivação não caracterize uma relação direta com a aprendizagem, facilita a disposição em aprender de maneira significativa.
- Frisamos que o uso de tecnologias, como, por exemplo, aparelho *data show*, para nós não substitui a utilização do quadro e giz. Ele pode ser utilizado como mais uma estratégia de ensino na qual o professor não deve utilizá-lo como único recurso, o que, possivelmente se tornaria uma estratégia ineficaz. Mesmo que a estratégia traga

interatividade, é preciso também que seja mudada periodicamente. Neste sentido, constatamos em uma comparação quanto ao comportamento de alguns alunos, no início e no fim da intervenção, certo desinteresse no fim das atividades, quando repetíamos a estratégia com uso do *data show*.

- Contudo, de forma geral o uso dos vídeos interativos despertou o interesse dos alunos, e nos incentivou a buscar uma melhor e mais seletiva utilização da rede mundial de computadores, nos levando a orientar os alunos para buscas efetivas na Internet. Acreditamos que o desenvolvimento dessa atitude também por parte dos colegas de outras áreas pode ajudar o aluno a conscientizar-se de sua busca por informações relevantes quando o faz neste universo de possibilidades.
- Acreditamos que os conceitos de Física Ondulatória devem ser apresentados aos alunos tanto do ensino médio regular quanto da EJA logo no início do semestre letivo, considerando a relação da Física das ondas como base do estudo de Física da luz ou Óptica. Sabemos que conceitos de frequência, relação período e frequência, análise de espectro eletromagnético, propriedades das ondas, velocidade e meios de propagação, são conceitos trabalhados em Física Ondulatória e constituem importantes pré-requisitos ao estudo da física óptica, caso seja feita uma abordagem especialmente ondulatória da luz.
- O material instrucional de apoio ao professor desenvolvido neste trabalho foi utilizado e testado em sala de aula. De acordo com a TAS, um material é potencialmente significativo quando contém novos conhecimentos (conceitos, idéias, proposições...) relacionáveis ao conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (os subsunçores), de maneira substantiva, não literal. Neste sentido, consideramos o material apresentado como potencialmente significativo, pois, ao longo do trabalho, durante as aulas, os alunos demonstraram ter alguns subsunçores

relacionáveis ao conteúdo do material, os quais permitiram que eles participassem ativamente com perguntas e questionamentos relativos às situações apresentadas através do material.

- Comentários finais sobre a Educação de Jovens e Adultos:

Essas observações aqui colocadas, além de refletirem a nossa revisão da bibliografia sobre este tema, restrita a periódicos de ensino de ciência, resultam também de diversas conversas e da aproximação que tivemos com nossos alunos, o que nos auxiliou a compreender que trabalhar ciência com jovens e adultos de maneira eficaz pede do professor muito mais que conteúdo científico ou formalizações matemáticas. Exige do profissional um grande respeito às diferenças, que são características psicossociais próprias dos alunos do EJA; situações concretas da vida da população; características do aluno trabalhador; alunos construtores de seu próprio conhecimento.

A Educação de Jovens de Adultos traz estudantes que buscam, na maioria das vezes, recuperar o que chamam de “tempo perdido”. Uns por falta de oportunidade de estudar no tempo regular, por terem de optar entre estudo e trabalho logo cedo para ajudarem na sustentação do lar; muitas por terem filhos prematuramente; outros por descaso e desvalorização da educação na fase adolescente. Contudo, chegam apresentando, em grande maioria, vontade de saber, de vencer esta etapa de estudos após 10, 15, 25 anos sem estudar. São avós, pais, muitas mães, mecânicos, empregadas domésticas, comerciantes, autônomos, desempregados, conscientizando-se da importância de um conhecimento formal e da conclusão das etapas de ensino formal.

Trazem muitas dificuldades em leitura, em operações matemáticas simples; no entanto, são esforçados, sobretudo para atividades que lhes pareçam úteis em seu cotidiano ou que lhes esclareçam questões antigas. Neste sentido, destacamos que, a nosso ver, a postura do professor deve ser de extremo respeito a essas particularidades e tolerância às diferenças.

Têm aversão a qualquer tipo de prepotência. Não se pode esquecer sequer por um instante, diante deles, que se tratam de adultos que apenas não possuem aquele conhecimento formal ao qual o professor se dispõe a auxiliá-los. Com isso, a postura de compreensão e disponibilidade com a qual o professor deve se colocar frente ao diálogo com os alunos é de extrema importância para a fluidez da relação professor e aluno.

É claro que não é possível que o professor adote uma postura de esperar com que absolutamente todos os alunos alcancem uma homogeneidade de conhecimentos, vista a discrepância que apresentam quanto à diferença de saberes. Contudo, vale a questão: contribui com o aluno o professor que adota a postura de ensinar de acordo com seu próprio ritmo na EJA, como se estive no ensino regular? Nossa resposta é não. Pois além de desmotivar um aluno que está há tanto tempo sem estudar e fazê-lo pensar que “estudar não é para mim” como dizem os já desmotivados, aumentará os níveis de evasão escolar, o que diminui o interesse do Estado por essa classe de estudante. Estado que, por sua vez, deixa de criar políticas-públicas de incentivo e, assim, forma-se um ciclo de erros comuns. Especialmente os adultos apresentam uma desmotivação muito rápida no instante em que o professor deixa de aproveitar seus conhecimentos quanto ao tópico de estudo apresentado. Sentem-se subjugados. Tais argumentos, portanto, são colocados para defender mais uma vez, e, sobretudo para a EJA, a importância de “ensinar de acordo com o que o aluno já sabe”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. **Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física.** Revista Brasileira de Pesquisa e Educação em Ciências. v. 24, n. 3, p.5-18, 2004.

AUDACITY, versão 1.3.12, <http://audacity.sourceforge.net>.

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional.** Rio de Janeiro, Ed. Interamericana, 1980.

BLEICHER, L.; SILVA, M. M.; RIBEIRO J. W.; MESQUITA M. G.. **Análise e simulação de ondas sonoras assistidas por computador.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.24, n.2, p.129-133, jun. 2002.

BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. *E. B*; **O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 24, n. 2, 2007.

BORGES, A.T.; RODRIGUES, B.A. **O Ensino da Física do Som baseado em Investigações.** Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, v. 7, n. 2, dez.2005.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Programa Nacional da Educação profissional com a Educação Básica na modalidade de Educação de Jovens e Adultos - PROEJA / Ensino Fundamental** Documento Base/2006. Brasília, DF, 2007.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDBEN – nº. 9394, dez.1996.**

DONOSO, J.P.; TANNÚS, A.; GUIMARÃES, F.; FREITAS, T.C. **A Física do Violino.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 2, 2008.

ESCUADERO C., MOREIRA, M. A., CABALLERO, M.C. **Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción en clases de física introductoria en secundaria.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, vol. 2, n. 3, 2003.

ESPÍNDOLA, K. **A pedagogia de projetos como estratégia de ensino para alunos da educação de jovens e adultos: em busca de uma aprendizagem significativa em física.** Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ESPÍNDOLA, K.; MOREIRA, M. A. **Relato de uma experiência didática: ensinar física com os projetos didáticos na EJA, estudo de um caso.** Experiências em Ensino de Ciências, V1(1), pp. 55-66, 2006

GASPAR, A. **Física 2: onda, óptica e termodinâmica.** Ed. Ática, São Paulo, 2000, 1ª Edição, p.86.

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

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

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: Manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Ed. UFMG, 1999.

MERAZZI, D. W.; OAIGEN, E. R. **Atividades práticas em ciências no cotidiano: valorizando os conhecimentos prévios na educação de jovens e adultos**. Experiências em Ensino de Ciências. v.3, n.1, 2008.

MOREIRA A.M. **Pesquisa em Ensino: Aspectos Metodológicos**. Texto de Apoio Nº 1 do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos, Espanha, 1999.

MOREIRA I. C.; MOREIRA L. **Música e Ciência: Ambas filhas de um ser fugaz**. X Reunião da rede de popularização da ciência e tecnologia da América Latina e Caribe, São José, Costa Rica, maio 2007.

MOREIRA I. C.; MOREIRA L. **Música e Ciência: Ambas filhas de um ser fugaz**. X Reunião da rede de popularização da ciência e tecnologia da América Latina e Caribe, São José, Costa Rica, maio 2007.

MOREIRA, M. A. **A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, O Ensino de Ciências e a Pesquisa nesta área**. Investigações em Ensino de Ciências – vol. 7, p. 7-29, 2002.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica**. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, com o título original de Aprendizagem significativa subversiva. 2000

MOREIRA, M. A. e MASINI, E.F.S. **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**. São Paulo, Ed. Moraes, 1982.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica**. Atas da Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha, 2006.

MOREIRA, M.A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo. Ed. Pedagógica e Universitária, 1999.

PALMERO, M.L. R; MOREIRA, M.A. **La teoría de los campos conceptuales de Gérard Vergnaud**. Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências (PIDEC). Universidade Burgos, Espanha; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Texto de Apoio nº 15. Publicado em atas do PIDEDEC, vol. 4, 2002.

PEJUAN A., NOVELL M. **Audio Processors as a Learning Tool for Basic Acoustics Computer Applications in Engineering Education**, Vol. 17, n. 4, p. 379-388, 2007.

PIMENTEL, E.C.B. **A Física nos Brinquedos: O brinquedo como recurso instrucional no ensino da Terceira Lei de Newton.** Dissertação. Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, 2007.

PUGH, K.J.; GARCIA, L.L.; KOSKEY, K. L. K.; STEWART, V. C., MANZEY C. **Motivation, Learning, and Transformative Experience: A Study of Deep Engagement in Science.** Science Education, Vol. 94, n.1, 2009

ROEDERER, J.G. **Introdução à Física e Psicofísica da Música.** Tradução: Alberto Luis da Cunha. 1 ed. São Paulo Ed. USP, 2002.

ROHLING, J. H.; NEVES, M. C. D.; ROHLING, F. S.; RANIERO, L. J.; BERNABE, H. S SAVI, A. A.. **Produção de Filmes Didáticos de Curta Metragem e CD-ROMs para o Ensino de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, no. 2, Junho, 2002

ROSA, P. R. S. **O uso dos recursos audiovisuais e o ensino de ciências.** Caderno Catarinense de Ensino de Física. v. 17, n. 1, p. 33-49, abr. 2000.

RUI, L. R. **Uma proposta de introdução de conceitos físicos na 8ª série através do Som, e algumas importantes curiosidades e aplicações do seu estudo.** Dissertação de mestrado. Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

RUI, L. R.; STEFFANI, M. H. **Um Recurso Didático para Ensino de Física, Biologia e Música.** Experiências em Ensino de Ciências, v. 1(2), pp. 36-49, 2006.

SANTOS, G. L. Quando adultos voltam para a escola: o delicado equilíbrio para obter êxito na tentativa de elevação da escolaridade. *In: SOARES, Leôncio (Org.). Aprendendo com a diferença – estudos e pesquisas em educação de jovens e adultos.* Belo Horizonte, MG: Autêntica, 2003,

SOUSA, C. M. S. G. **A Resolução de Problemas e o Ensino de Física: Uma Análise Psicológica.** Tese de Doutorado. Instituto de Psicologia, Universidade de Brasília, 2001.

VERGNAUD, G. **A comprehensive theory of representation for mathematics education.** Journal of Mathematical Behavior, vol.17, n.2, 1998.

VERGNAUD, G. **En qué sentido La Teoría de los Campos Conceptuales puede ayudarnos para facilitar Aprendizaje Significativo.** Investigações em Ensino de Ciências. vol.12, n.2, 2007.

Referência de imagens e vídeos (acessados em 29/05/2010)

Figura 2: http://www.youtube.com/watch?v=KqKc_8ZtuAY&feature=related (vídeo)

Figura 3: http://2.bp.blogspot.com/_dibow2M8kLk/SwKYxdD4fNI/AAAAAAAAA24/OI_yjLMQeZI/s1600/Torcidas.jpg

Figura 4: http://www.youtube.com/watch?v=z6mLPURj3_k (vídeo)

Figura 6: <http://pixdaus.com/pics/12075943768eXNjnC.jpg>

Figura 7: <http://www.youtube.com/watch?v=Rbuhdo0AZDU> (vídeo)

Figura 8: <http://www.idealdicas.com/wp-content/img14.jpg> (translação da Terra)

Figura 8: http://2.bp.blogspot.com/_QDdKxYAUv9U/S8MNswjxJbI/AAAAAAAAAqY/DBwL1EA-ErM/s1600/DiscoVinil.jpg (Disco vinil)

Figura 8: <http://regilan.com/wp-content/uploads/2009/04/hd-seagategif-300x300.jpg> (Disco rígido)

Figura 9: GASPAR, A. Física 2: onda, óptica e termodinâmica. Ed. Ática., São Paulo, 2000, 1ª Edição, p.86.

Figura 14: <http://www.youtube.com/watch?v=eU8joiS62js&feature=related> (vídeo)

Figura 15: http://i.s8.com.br/images/musical/cover/img9/21205589_4.jpg (gaita)

Figura 16: <http://www.iped.com.br/sie/uploads/20981.jpg>

Figura 17: GASPAR, A. Física 2: onda, óptica e termodinâmica. Ed. Ática, São Paulo, 2000, 1ª Edição, p.76.

Figura 18: <http://www.youtube.com/watch?v=5E7T4AIYpNg&feature=related> (vídeo)

APÊNDICES

APÊNDICE A – Pré e Pós-teste

1. O que é uma onda?
2. Qual é a unidade de medida da frequência de uma onda?
3. (UFRJ) Um artesão constrói um instrumento musical rústico usando cordas presas a dois travessões. As cordas são todas de mesmo material, de mesmo diâmetro e submetidas à mesma tensão, de modo que a velocidade com que nelas se propagam ondas transversais seja a mesma. Para que o instrumento possa emitir as diversas notas musicais, ele utiliza cordas de comprimentos diferentes, como mostra a figura.

Uma vez afinado o instrumento, suponha que cada corda vibre em sua frequência fundamental.

Que corda emite o som mais grave, a mais longa ou a mais curta? Justifique sua resposta.



4. (PUCMG) Uma cena comum em filmes de ficção científica é a passagem de uma nave espacial em alta velocidade, no espaço vazio, fazendo manobras com a ajuda de foguetes laterais, tudo isso acompanhado e um forte ruído.

Assinale a alternativa CORRETA.

- a) A cena é correta, pois não há problema com o fato de uma nave voar no espaço vazio.

- b) A cena é correta, porque é perfeitamente perceptível o ruído de uma nave no espaço vazio.
- c) A cena não é correta, pois o som não se propaga no vácuo.
- d) A cena não é correta, pois não é possível que uma nave voe no espaço vazio.
- e) A cena não é correta, pois não é possível fazer manobras no espaço vazio.

5. Considere as afirmações a seguir e indique se estão certas (C) ou erradas (E):

I. () O som se propaga no ar com uma velocidade de aproximadamente 340m/s.

II. () As velocidades de propagação do som no ar e no vácuo são aproximadamente iguais.

III. () O eco é devido à reflexão do som.

IV. () Aumentando a amplitude de uma onda sonora, aumenta a sua intensidade.

V. () No ar, as ondas sonoras de menor comprimento de onda têm menor frequência.

VI. () O fenômeno de interferência não acontece com ondas de som.

6. (UNAERP) Além do dano que podem causar à audição, os sons fortes têm vários outros efeitos físicos. Sons de 140 decibéis (dB) (som de um avião a jato pousando) podem produzir numerosas sensações desagradáveis; entre elas, perda de equilíbrio e náusea. A unidade Bel (B), utilizada no texto, representa:

- a) a frequência do som.
- b) a intensidade física do som.
- c) o nível sonoro do som.
- d) a potência do som.
- e) o timbre do som.

7. (FEI) O aparelho auditivo humano distingue no som 3 qualidades, que são: altura, intensidade e timbre. A altura é a qualidade que permite a esta estrutura diferenciar sons graves de agudos, dependendo apenas da frequência do som.

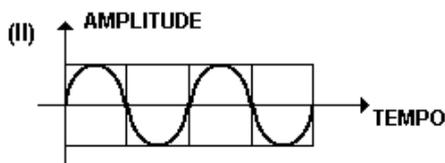
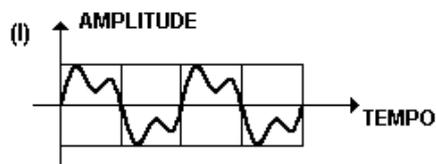
Assim sendo, podemos afirmar que:

- a) o som será mais grave quanto menor for sua frequência
- b) o som será mais grave quanto maior for sua frequência
- c) o som será mais agudo quanto menor for sua frequência
- d) o som será mais alto quanto maior for sua intensidade
- e) o som será mais alto quanto menor for sua frequência

8. (UFF) Ondas sonoras emitidas no ar por dois instrumentos musicais distintos, I e II, têm suas amplitudes representadas em função do tempo pelos gráficos abaixo.

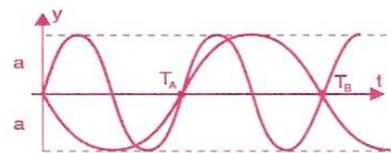
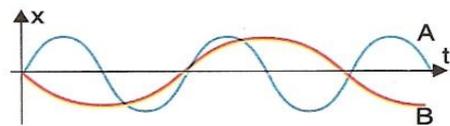
A propriedade que permite distinguir o som dos dois instrumentos é:

- a) o comprimento de onda
- b) a amplitude
- c) o timbre
- d) a velocidade de propagação
- e) a frequência



9. Dois corpos, A e B, descrevem movimentos periódicos. O gráfico de suas posições x em função do tempo está indicado na figura a seguir. Podemos afirmar que o movimento de A tem:

- a) menor frequência e mesma amplitude.
- b) maior frequência e mesma amplitude
- c) mesma frequência e maior amplitude
- d) menor frequência e menor amplitude
- e) maior frequência e maior amplitude



10. Uma pessoa toca, no piano, uma tecla correspondente à nota **mi** e, em seguida, a que corresponde à nota **sol**. Pode-se afirmar que serão ouvidos dois sons diferentes, porque as ondas sonoras correspondentes a essas notas possuem:

- a) Amplitudes diferentes.
- b) Frequências diferentes.
- c) Intensidades diferentes.
- d) Timbres diferentes.
- e) Velocidades de propagação diferentes

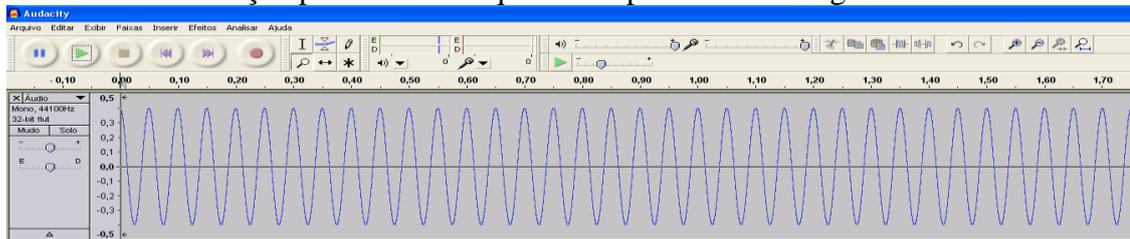
APÊNDICE B - Material de apoio: Lista de exercícios 1

Responda individualmente as questões:

1. Como você pode identificar a frequência em uma onda?
2. Qual a unidade de medida da frequência (no SI)?
3. Quanto mais você diminui o tamanho da corda em um instrumento musical o que acontece com a frequência da nota emitida?
4. Qual a unidade de medida da intensidade sonora?
5. A intensidade do som depende da frequência da onda?
6. Um som intenso pode ser baixo? Como você explica isso?
7. Numa escala musical que vai da nota dó à próxima nota dó, a nota Lá é mais alta que a Ré? E a frequência da Lá é maior ou menor que a da Ré?
8. Por que conseguimos diferenciar dois instrumentos diferentes, que tocam a mesma nota musical? O que acontece com as ondas sonoras?

APÊNDICE C – Material de apoio: Lista de exercícios 2

- 1) Sabe-se que o período de uma onda, que foi emitida por uma nota soprada em uma gaita, é de 0,0045s, neste caso qual a frequência desta nota musical produzida?
- 2) A frequência de uma nota musical Dó(2) é de 131Hz, sendo assim, o período de oscilação desta onda vale quanto?
- 3) Uma nota emitida por um violino tem frequência de 6800 Hz. Sabendo que a velocidade do som no ar é de 340m/s qual o comprimento da onda emitida pelo violino?
 (A) 5,0 cm
 (B) 0,5 m
 (C) 200 cm
 (D) 220 cm
 (E) 2,0 cm
- 4) (PUC-SP) As ondas mecânicas longitudinais de frequências compreendidas entre 20 Hz e 20000 Hz constituem o que nossos ouvidos interpretam como som. Quais os valores do comprimento de onda nos limites da faixa das ondas sonoras no ar? (A velocidade de propagação do som no ar é de cerca de 340 m/s)
- 5) Uma fonte de vibração produz a onda que está representada na figura abaixo.



A partir dos dados contidos nesta figura responda:

- a) Qual a frequência desta onda em Hertz (Hz)?
 - b) Supondo que a velocidade de propagação da onda seja de apenas 0,4m/s, determine o seu comprimento de onda.
 - c) Se fosse uma onda de som (340m/s), emitida de 0 a 1,7 segundos, qual distância ela alcançaria?
 - d) Quanto vale a amplitude dessa onda?
- 6) Uma onda plana se propaga num meio, com velocidade de 10 m/s e com frequência de 5 Hz, e passa para outro meio com velocidade de 5 m/s. Determine o comprimento da onda no segundo meio (lembre que não há mudança da frequência quando há mudança de meio de propagação).
 - 7) Qual a frequência de uma onda que tenha a velocidade do som no ar e um comprimento de onda de 0,04m?
 - 8) Qual a frequência de uma onda que tenha o período de 0,002 s?
 - 9) Qual a velocidade da onda acima se ela tiver o comprimento de 0,68m?

APÊNDICE D - Questionário de Opinião

Em sua opinião, uso de instrumentos musicais em sala de aula auxilia, ou facilita a aprendizagem dos conceitos físicos relacionados aos sons por eles emitidos?

E o uso de aparatos tecnológicos (computador, programas de computador) em sala de aula, também auxilia?

Você acha que nas aulas onde usamos tanto os instrumentos quanto o computador juntos te ajudaram a compreender melhor o que é uma onda e os fenômenos físicos que as envolve?

Você acha que os pequenos vídeos mostrados em sala fizeram você raciocinar sobre os conceitos que foram estudados? (Exemplo: Ponte de Tacoma e ressonância, aviões a jato e velocidade do som, etc.)

Você gostaria de continuar tendo este tipo de aulas em outros tópicos de estudo?

Tivemos 13 aulas sobre física ondulatória. Você faltou a muitas dessas aulas? Acha que suas faltas prejudicaram a sua compreensão sobre a matéria?

Em que parte do conteúdo apresentado você encontrou maior dificuldade?

Se quiser, faça alguma crítica ou sugestão sobre as aulas de Física Ondulatória nas quais você participou.

APÊNDICE E – CD-ROM do Material de Apoio.

O produto educacional, descrito no capítulo 4, que produzimos na forma de um material de apoio ao professor poderá ser encontrado na secretaria no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência (PPGEC) ou acessado em:
http://e-groups.unb.br/ppgec/dissertacoes_2010.htm.