



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

*"Roteiros de experimentos de Física numa perspectiva construtiva"*

Monografia submetida ao Colegiado do  
Curso de Especialização em Ensino de  
Física do Centro de Ciências Físicas e  
Matemáticas em cumprimento parcial para a  
obtenção do título de Especialista em  
Ensino de Física.

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 26/04/2001

Dr. Nelson Canzian da Silva - Orientador

Dra. Marilena Matiko Watanabe de Moraes - Examinadora

Prof. Dr. Maurício Pietrocola  
Coordenador CCEE/CFM/UFSC

Gelcioni Dilon de Lima Moraes

*Florianópolis, Santa Catarina, abril de 2001.*

## *AGRADECIMENTOS*

Agradeço a todos que direta ou indiretamente incentivaram, contribuíram e auxiliaram na elaboração deste trabalho monográfico. Ao meu professor orientador, Nelson Canzian da Silva pela sua orientação, à Josete Mara Stahelin pela revisão de Português, ao Professor José Pinho Alves Filho por ter cedido a bibliografia que serviu de base para fundamentação teórica desta monografia e a todos os professores do Curso de Especialização em Ensino de Física.

## RESUMO

A proposta deste trabalho foi a elaboração de um roteiro de atividades experimentais e questões teóricas sobre os principais fenômenos envolvendo ondas. Estas atividades foram apresentadas de forma problematizadora para explorar as concepções alternativas (senso comum) dos estudantes da 2ª série do Ensino Médio de uma escola da rede particular de ensino em Itajaí. A partir das respostas elaboradas pelos grupos, oralmente ou por escrito – em geral por escrito - após a problematização, cada grupo lia para turma sua interpretação da questão que foi problematizada, justificando-a. Posteriormente à apresentação das respostas de todos os grupos, o professor iniciava o questionamento de suas respostas, procurando mostrar-lhes as contradições, limitações e a diversidade de explicações que eles construíam para explicar um mesmo fenômeno. Uma vez evidenciadas as diversidades de respostas oferecidas por eles com base no conhecimento do senso comum, era chegado o momento de discutir a interpretação que o conhecimento socialmente construído pela Física apresentava para a questão problematizadora, tentando-se, desta forma, construir com os estudantes o conhecimento e não simplesmente apresentá-lo sem nenhuma discussão. Uma constatação relevante neste trabalho foi que nem sempre os objetivos propostos pelo professor coincidiam com a interpretação que os estudantes poderiam dar aos mesmos. O trabalho apresenta, ainda, sugestões de encaminhamento das aulas e algumas observações a respeito de situações imprevistas no transcorrer das atividades, que poderiam auxiliar outros profissionais da área.

## Sumário

Agradecimentos .....	II
Resumo .....	III
Sumário.....	IV
1. INTRODUÇÃO .....	6
2. METODOLOGIA .....	10
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	12
3.1 Ênfase Curricular .....	12
3.1.1 Ênfase Curricular à “Ciência do Cotidiano” .....	12
3.2 Concepção Curricular “Auto-realização” .....	12
3.3 Categorias de Atividades Experimentais .....	13
3.3.1 Atividade Experimental de Compartilhamento .....	15
3.3.2 Atividade Experimental Conflitiva .....	16
3.3.3 Atividade Experimental Crítica .....	17
3.3.4 Atividade Experimental de Comprovação .....	17
3.3.5 Atividade Experimental de Simulação .....	18
3.4 Problematização .....	19
3.5 Senso Comum Versus Conhecimento Científico .....	20
3.6 Pesquisa-Ação .....	22
4. APLICAÇÃO DO “ROTEIRO DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA NUMA PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA” EM SALA DE AULA. ....	25
4.01 1ª Aula .....	25
4.02 2ª Aula .....	31
4.03 3ª Aula .....	32
4.04 4ª Aula .....	33
4.05 5ª Aula .....	34
4.06 6ª Aula .....	38
4.07 7ª Aula .....	39
4.08 8ª Aula .....	40
4.09 9ª Aula .....	42
4.10 10ª Aula .....	42
4.11 11ª Aula .....	47

4.12	12 <sup>a</sup> Aula .....	47
4.13	13 <sup>a</sup> Aula .....	48
4.14	14 <sup>a</sup> Aula .....	51
4.15	15 <sup>a</sup> Aula .....	53
4.16	16 <sup>a</sup> Aula .....	53
4.17	17 <sup>a</sup> Aula .....	59
5.	CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DO “ROTEIRO DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA NUMA PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA.” .....	60
6.	ANEXOS .....	68
6.1	Tabelas A e B .....	68
6.2	Questões Problematizadoras .....	70
6.3	Construção de Um Gerador de Ondas em Corda .....	74
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77

# 1. INTRODUÇÃO

Em geral, nós professores de Física do Ensino Médio, abordamos o conteúdo de ondas - ou qualquer outro conteúdo - obedecendo a uma seqüência pré-estabelecida: conceito de ondas; exemplos de ondas; classificação das ondas; equação; aplicação da equação na resolução de problemas; aplicações tecnológicas e/ou uso destes conceitos para interpretar fenômenos naturais (isto ocorre em menor proporção).

Quando digo que abordamos o conteúdo de Física seguindo, mais ou menos, a seqüência acima é porque em conversa (entrevista informal) com professores que participaram comigo do Curso de Formação Continuada de Professores de Física - PRÓ-CIÊNCIAS<sup>1</sup> - ou com professores de minha cidade, Itajaí, perguntava-lhes como encaminhavam o conteúdo de ondas em suas aulas. A resposta deles era basicamente a mesma, ou seja, seguiam a seqüência descrita acima. Não lhes foi perguntado se realizavam atividades experimentais nem se solicitavam aos estudantes que realizassem alguma atividade de pesquisa relacionada com o tema, pois, neste momento, a intenção era a de investigar apenas a forma de encaminhamento do conteúdo das aulas.

Outro fator interessante a ser observado é que as suas formações universitárias eram diferentes. Uns ainda não haviam concluído o curso universitário e um tinha concluído apenas o Ensino Médio. Destaca-se aqui a inexistência de dados formais a respeito da formação universitária dos colegas porque a conversa foi informal, não caracterizando uma entrevista formal com coleta de dados.

Diante do exposto acima, é de se perguntar qual a causa (razão, motivo) que permite justificar ou compreender o porquê de professores com formações, localidades e ambientes de trabalho tão diferentes, terem uma prática profissional tão similar. Explicitamente, não há uma regra que determine uma forma tão semelhante de trabalharem. Afinal, quem determina então a regra tacitamente adotada pelos professores?

---

<sup>1</sup> Curso de Formação Continuada de Professores nas áreas de Física, Química, Matemática e Biologia, promovido pelo Governo Federal em convênio com a Secretaria de Educação do Estado de Santa Catarina

Os professores com os quais conversei adotavam um livro texto em suas escolas que servia de referência para o encaminhamento e preparação de suas aulas. A partir desta constatação e analisando os livros didáticos de Física que estão disponíveis no mercado para os professores, fica mais fácil compreender a razão da relativa uniformidade na forma como os professores conduzem suas aulas.

Uma rápida incursão pelos livros didáticos de Física do Ensino Médio permite perceber uma padronização na forma como estes conteúdos são apresentados. A análise aqui feita, referente ao conteúdo de ondas, pode estender-se, contudo, a outros conteúdos. Destacam-se algumas características gerais, comuns a todos os livros didáticos de Física do Ensino Médio:

1) Conceituar o fenômeno. Utilização de exemplos como ponto chave para conceituação do fenômeno. Em linhas gerais, é feito um rápido comentário sobre o fenômeno e logo a seguir é apresentado em destaque o conceito de ondas.

2) Classificação das ondas quanto à natureza, direção de propagação, direção de vibração, velocidade de propagação de ondas unidimensionais.

3) Apresentação de uma equação para calcular a velocidade das ondas. Quando o conhecimento matemático é relativamente simples é realizada a dedução matemática da fórmula, caso contrário, ela é simplesmente apresentada juntamente com significado dos símbolos que nela comparecem.

4) Exercícios. A partir daqui o ciclo volta a se repetir como num "movimento periódico". Percebe-se que há uma seleção de questões que caíram nos últimos vestibulares das principais instituições universitárias do país. Muitos autores ao apresentarem os exercícios colocam o título "testes de vestibular", onde indicam até a universidade da qual a questão foi extraída.

Em alguns livros, os autores cometem um equívoco, ou seja, após a exposição da teoria, dizem: "agora vem a aplicação do conhecimento adquirido". O que

ocorre, na realidade, é a resolução de problemas numéricos de aplicação de fórmula (ênfase no quantitativo).

Raros foram os livros analisados que não apresentavam este perfil de apresentação do conteúdo de ondas. Assim, em linhas gerais, quase todos apresentam a mesma formatação. As exceções à regra geral já não são mais publicadas. Como exemplos, pode-se citar os livros: **Física** (Maiztegui & Sabato), Física Moderna (Williams; Metcalfe; Trinklein & Lefler), **Física na Escola Secundária** (Blackwood, Herron & Kelly). Livros como, **Imagens da Física** (Amaldi), de boa qualidade, praticamente não são adotados pelos professores.

Percebe-se, pelo exposto acima, que o principal padronizador na forma de encaminhamento das aulas são os livros didáticos. Outros fatores também reforçam esta forma quase generalizada de ensino. Pode-se citar como exemplo, a falta de tempo para pesquisar outras formas de encaminhamento das aulas, pois os professores, principalmente das disciplinas de Física, Matemática e Química, têm um grande número de aulas.

Como para a maioria dos professores o livro didático é a principal fonte de consulta para preparação de suas aulas, para não dizer a única, e como vimos todos apresentam quase a mesma estrutura quanto à apresentação do conteúdo, tipos de exercícios, torna-se compreensível a forma padronizada como nós professores de Física do Ensino Médio encaminhamos nossas aulas.

Muitos dos professores que estão lecionando a disciplina de Física no Ensino Médio, não a tiveram nos seus cursos de formação universitária (por exemplo, advogados que lecionam Física enquanto “não conseguem outro emprego” e outros que sequer possuem curso universitário). Alguns são estudantes que concluíram o Ensino Médio e candidatam-se a aulas excedentes nas CREs (Coordenadorias Regionais de Educação). Esses, por terem habilidade de resolver problemas numéricos, enquanto estudantes, são considerados “aptos a lecionarem Física”.

Neste contexto, as universidades também têm sua parcela de culpa, pois como geradoras de novos conhecimentos deveriam repassá-los aos professores das redes públicas e particulares de ensino. Merece destaque o trabalho do projeto PRÓ-CIÊNCIAS. Porém, tal projeto atinge uma parcela reduzida dos professores que estão atuando no Ensino Médio.

Inclui-se, ainda, a falta um embasamento mais sólido no conteúdo de Física que favorece a adoção, por parte dos professores, de livros que dão ênfase à resolução de problemas, em detrimento das discussões qualitativas, ou seja, a análise dos fenômenos físicos.

Dessa forma, percebe-se que os professores sentem-se inseguros ao prepararem suas aulas de forma diferente da seqüência tradicionalmente apresentada nos livros didáticos oferecidos pelas editoras. A maioria deles acaba reproduzindo a mesma forma de abordar os conteúdos em sala de aula, cristalizando, portanto, uma seqüência de encaminhamento das aulas, seguindo os passos determinados pelo livro didático.

O objetivo deste trabalho é, portanto, apresentar uma proposta alternativa de encaminhamento do conteúdo de **ondas** na 2ª série do Ensino Médio. No capítulo seguinte, descrever-se-á a fundamentação teórica que embasará esta proposta alternativa para encaminhar o conteúdo de ondas.

## 2. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado numa escola da rede particular de Ensino Médio de Itajai. O trabalho foi desenvolvido em três turmas da 2<sup>a</sup> série com o seguinte número de alunos por turma: turma 201: 38 estudantes, turma 202: 35 estudantes e turma 203: 39 estudantes, totalizando-se 112 estudantes.

Para aplicar o *Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista*, cada turma foi dividida em 8 grupos, os quais continham entre 4 e 5 elementos<sup>2</sup>. A composição dos grupos ficou por conta dos próprios estudantes.

A delimitação do número de elementos por grupo foi uma decisão do professor em função do número de estudantes por turma e por julgar que um número muito grande de grupos dificultaria o desenvolvimento das atividades. Entretanto, na formação dos grupos, a turma 202 ficou com 7 grupos. Em cada turma a carga horária foi de duas aulas por semana, cada uma com duração de 48 minutos.

A aplicação deste *Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista* teve início no dia 28/09/00 e término no dia 30/11/00, no quarto bimestre do ano letivo, com um total de 17 aulas.

Na escola, cada professor tem sua sala e são os estudantes que se deslocam de uma para outra. Este tipo de organização facilita ao professor a realização de atividades experimentais em sala de aula, pois não há a necessidade de estar transportando material de uma sala para outra nem ter que montar e desmontar o experimento em cada troca de sala.

A maioria das atividades experimentais foi realizada pelo professor, na própria sala de aula, para todos os estudantes. Fizeram-se, também, atividades experimentais de simulação em vídeo e em computador.

---

<sup>2</sup> Manteve-se durante todas as atividades experimentais a mesma sistemática de composição dos grupos. As alterações ocorridas neste procedimento serão comentadas no decorrer do trabalho.

O desenvolvimento da teoria foi apresentado, em sua maioria, através de lâminas para uso no retroprojektor.

O conteúdo extra ao existente no livro ficou disponível para os estudantes no setor de reprografia. Fez-se, ainda, para cada turma, uma cópia em disquete de todo o conteúdo desenvolvido, além do contido no livro texto. Estes três disquetes eram atualizados à medida em que o conteúdo era desenvolvido. Foi elaborado um conjunto de perguntas para cada assunto discutido. Algumas destas perguntas foram utilizadas como questões problematizadoras. Tais perguntas constam no anexo.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 ÊNFASE CURRICULAR**

O *Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista* teve como diretriz uma das sete *Ênfases curriculares* propostas por ROBERTS (1987). Para este autor "... ênfase curricular é um conjunto coerente de mensagens sobre ciências comunicadas, explícita ou implicitamente, ao estudante."

##### **3.1.1 ÊNFASE CURRICULAR NA "CIÊNCIA DO COTIDIANO"**

Neste trabalho será adota a ênfase curricular na "ciência do cotidiano". De forma resumida, esta ênfase curricular mostra a ciência como um importante meio para entender e controlar o ambiente, seja ele natural ou tecnológico. Valoriza o entendimento individual e coletivo de princípios científicos como meio de lidar com problemas individuais e coletivos. O estudante deve aprender a aplicar os princípios e generalizações apresentados nas aulas de ciências, na compreensão e controle de fenômenos e problemas do dia-a-dia. A ciência, neste enfoque, deve ser de utilidade prática.

Portanto, o objetivo do *Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista* é o de que os estudantes se apossam "... dos conceitos, leis, relações da Física e sua utilização, bem como a sua aproximação com fenômenos ligados a situações vividas pelos alunos, sejam as de ordem natural, sejam as de origem tecnológica" (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1991, p. 13).

##### **3.2 CONCEPÇÃO CURRICULAR VOLTADA PARA A "AUTO- REALIZAÇÃO"**

A ênfase curricular na "ciência do cotidiano" foi a fundamentação teórica que norteou este trabalho. Porém, em vários momentos foi perceptível o quanto determinados temas passavam a despertar o interesse de determinados estudantes que,

em outras situações, se mantinham indiferentes. Quando o tema em discussão era de seu interesse, passavam a participar, debater, formular perguntas.

A concepção curricular voltada para a “auto-realização” seleciona os conteúdos que mais significados apresentam para satisfação, interesse e necessidade que são explicitamente manifestados pelos estudantes. Esta abordagem valoriza os propósitos e a auto-realização individual (PINHO ALVES,1990).

Entretanto, sua aplicação no Ensino Médio é difícil, devido à diversidade de interesse dos estudantes (em média 40 estudantes em cada sala). No Ensino Médio Profissionalizante ainda é possível aplicá-la, pois supõe-se que o interesse por determinado conteúdo seja comum a todos os estudantes. Isto não ocorre no Ensino Médio não profissionalizante, onde cada estudante tem um interesse diferente. Assim, por melhor que seja planejado um determinado conteúdo com experiências, filmes, simulação em computador, isto não será suficiente se o conteúdo não for do interesse do estudante. Percebeu-se isto e comentou-se o fato em diversas situações ao longo deste trabalho.

### **3.3 CATEGORIAS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**

O planejamento do *Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista* foi elaborado para ser aplicado da seguinte maneira: a maioria dos experimentos foram organizados para serem realizados pelo professor, em sala de aula (não em um laboratório convencional), dirigido a todos os estudantes. Poucos experimentos foram efetivamente realizados pelos grupos. Em alguns experimentos, um ou dois estudantes foram solicitados para auxiliar o professor na sua execução. O conjunto de experimentos selecionados foi trabalhado concomitantemente com a teoria. Também não se dispunha de material para todos os grupos. Entretanto, para os objetivos pretendidos com estes experimentos não seria necessário que os estudantes os realizassem.

Ao se iniciar a pesquisa para elaborar o *Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista*, a questão central a ser respondida foi: qual o objetivo do professor de Física ao realizar uma atividade experimental, quer seja num laboratório didático convencional ou uma demonstração em sala de aula? Além desta, serviriam as experiências apenas para *motivar* os estudantes a se interessar, aprender ou gostar mais de Física? *Complementar* ou *ilustrar* as aulas teóricas? *Comprovar* a teoria? Facilitar o trabalho do professor no sentido de reduzir o número de descrições e explicações em relação aos textos experimentais?

Se as questões levantadas acima fossem os motivos que impelisses os professores a realizarem experiências em suas aulas, certamente não haveria necessidade de realizá-las por dois motivos: não há necessidade de investir uma soma significativa de dinheiro em instrumental de laboratório para realizar aqueles objetivos, pois pouco contribuem para o ensino-aprendizagem. Também não há a necessidade de perda significativa de tempo, por parte do professor montando estes experimentos. A atividade experimental não pode estar dissociada da teoria, pois a história da ciência é repleta de exemplos da relação complementar que existe entre a teoria e experiência "... a atividade experimental não pode ser "apêndice da teoria" mas também não deve ser a "base de todo conhecimento", ou seja, a referência primeira para o desenvolvimento das teorias científicas" (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1991, p. 30).

Assim, procuraram-se categorias de experiências que fossem adequadas aos experimentos que seriam realizados na perspectiva de se tentar construir o conhecimento. Das sete categorias de atividades experimentais apresentadas por PINHO ALVES (2000, p. 270-286) em sua tese de doutorado, foram selecionadas cinco categorias de atividades experimentais para elaborar este *Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista*.

### 3.3.1 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE COMPARTILHAMENTO

A atividade experimental de compartilhamento foi utilizada no momento em que se procurou sistematizar de forma mais ampla o conteúdo de ondas. Este tipo de atividade experimental é usada no momento em que se quer que um conjunto de conceitos básicos sejam comuns a todos os estudantes:

É o momento em que os estudantes frente à dada situação, passem a “vê-la da mesma maneira ou ver as mesmas coisas”. Para isto é necessário que a referida situação seja posta à vista de todos e o professor induza o “olhar” dos estudantes para os elementos, possíveis relações ou variáveis de interesse (PINHO ALVES, 2000, p. 270).

Assim, utilizou-se como recurso uma “... atividade experimental que favoreça uma apresentação coletiva, facilitando a indução didática na direção de que todos passem a ver e interpretar a mesma coisa da mesma forma” (PINHO ALVES, 2000, p. 275).

Disponha-se para realizar este experimento uma mola helicoidal *slinky* (mola “maluca”). Procurou-se, com este experimento, fazer com que todos os estudantes interpretassem da mesma forma os seguintes conceitos: pulso, onda, onda unidimensional, onda mecânica, onda transversal e longitudinal, crista, vale, amplitude, comprimento de onda, período, frequência, velocidade de propagação e de oscilação (somente sob o aspecto qualitativo).

Esta preocupação em fazer com que todos os estudantes interpretassem da mesma forma os mesmos conceitos, justifica-se porque: “Muitas das dificuldades e entraves que ocorrem no processo de ensino-aprendizagem, têm sua origem nas diferentes interpretações que os estudantes elaboram a sobre o que vêem” (PINHO ALVES, 2000, p. 275). Portanto, os experimentos de compartilhamento devem propiciar ao professor e ao estudante a utilização da mesma linguagem técnica, com o mesmo significado e obtenção da mesma interpretação para um mesmo fenômeno.

### 3.3.2 ATIVIDADE EXPERIMENTAL CONFLITIVA

Na aplicação deste *Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista* o que, inicialmente, se procurou deixar claro para todos os estudantes é que durante todas as atividades experimentais que fossem realizadas, sempre estaria-se confrontando dois tipos de conhecimentos: “*senso comum X conhecimento científico.*”

Ao ser realizada uma experiência, antes de explicar porque tal fenômeno ocorreu, cada grupo deveria formular uma hipótese tentando explicá-la, por escrito, com base nos seus conhecimentos. Só a partir daí é que se procuraria explicar, com base no conhecimento científico, a interpretação dada pela Física para tal evento. Assim, a primeira explicação seria dada primeiro pelos estudantes e, posteriormente, deveriam confrontar com o conhecimento socialmente construído pela Física.

Se a proposta é construtivista não se poderia deixar de levar em consideração as concepções prévias dos estudantes, logo “o fenômeno didático que não respeitar as idéias prévias dos estudantes, não poderá ser considerado de concepção construtivista” (PINHO ALVES, 2000, p. 279).

A importância deste tipo de atividade experimental é “propiciar ao professor elementos que permitam pôr em xeque as concepções não formais dos estudantes. Viabilizando o conflito, vai direcionando o diálogo construtivista no sentido de mostrar a inadequação e limitação de suas explicações pessoais” (PINHO ALVES, 2000, p. 280).

É propósito de qualquer professor de Física que, após ter ensinado um dado conteúdo, fazer com que ocorra a *transição do conhecimento popular (não científico)* para o científico. Entretanto, percebe-se que o conhecimento do senso comum está fortemente arraigado na visão de mundo dos estudantes, pois ao tentarem explicar outros fenômenos semelhantes, os estudantes acabam dando explicações baseadas no conhecimento do senso comum e não baseadas no conhecimento científico adquirido.

Como se costuma dizer:, o conhecimento científico é para a escola e o senso comum é para o dia-a-dia.

“... O desejado é que o estudante passe a aceitar e dominar a concepção científica pela reestruturação de suas idéias prévias e não obrigado pelas regras do sistema escolar. Mesmo assim, não se pode deixar de levar em conta que a aceitação de novas concepções signifique abandono das anteriores. Ambas concepções podem coexistir, devido à forte resistência do sujeito de abandonar suas explicações originadas do senso comum” (PINHO ALVES, 2000, p. 280).

### **3.3.3 ATIVIDADE EXPERIMENTAL CRÍTICA**

Ainda que tratada de forma muito tênue, em alguns casos procurou-se evidenciar aos estudantes o emprego de certas palavras que no dia-a-dia apresentam um significado e que sob a ótica da Física apresentam um significado totalmente diferente. Por exemplo, a idéia de “altura do som” empregada no dia-a-dia corresponde ao que fisicamente chama-se de “intensidade do som”. “Esta é o tipo de situação de ensino que exige uma atividade experimental muito particular, pois é preciso que consiga mostrar explicitamente as diferenças entre as grandezas envolvidas de forma mais clara possível” (PINHO ALVES, 2000, p. 282).

### **3.3.4 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE COMPROVAÇÃO**

Esta modalidade de atividade experimental foi usada no momento em que os grupos tiveram que determinar a velocidade de queda das pedras de dominó. Precisaram montar o experimento, levantar dados, efetuar cálculos e interpretar os resultados.

Este um tipo de atividade experimental não acrescenta novidades à proposta construtivista, pois ela já está fortemente incorporada à tradição escolar “... visto que seu objetivo é comprovar leis físicas, verificar previsões teóricas e exercitar o método experimental” (PINHO ALVES, 2000, p. 282).

### 3.3.5 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE SIMULAÇÃO

Algumas atividades experimentais que fazem parte deste *Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista* seriam difíceis de serem realizadas em sala de aula e para outras não se dispunha de recursos materiais. Em algumas situações, foram feitas transparências mostrando representações estáticas dos fenômenos ondulatórios em estudo. Ou, ainda, substituiu-se o material concreto pela atividade experimental de simulação com o uso de filme educativo e programas de computador adequados à situação.

Para alguns experimentos de simulação como ondas na água e aplicações da polarização, explorou-se o conteúdo da fita de vídeo fornecida aos professores que fizeram o CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA (Universidade Federal de Santa Catarina, 1999-2000). Esta fita contém outros títulos que também estão relacionados com o conteúdo de ondas.

Utilizou-se, também, a simulação em computador para analisar certos detalhes da experiência que seriam mais difíceis de serem percebidos numa situação concreta. Os programas usados foram: O QUE É UMA ONDA e HARMÔNICOS da revista CD-ROM NA ESCOLA e fita de vídeo citada acima. As experiências de simulação são especialmente indicadas quando "... alguns conceitos básicos não são fáceis de experimentar diretamente, devido a limitações de tempo, tamanho, perigo, ou falta de recursos..." (LUNETTA E HOFSTEIN, apud PINHO ALVES, 2000, p. 286).

O computador é empregado para elaborar ou explorar modelos computacionais para a reprodução, representação ou imitação de fenômenos, situações ou processos concretos. Como ele também se constitui em um recurso didático, não substitui qualquer outro recurso didático, principalmente a atividade experimental e a atuação do professor. As experiências com o computador devem ser utilizadas dentro de um contexto maior, com objetivos específicos. A mera exposição do aluno à simulação não garante qualquer resultado em termos de aprendizado. É importante ressaltar que as

simulações não reproduzem fielmente a “realidade” de uma atividade experimental. Conforme será discutido nas considerações finais da aplicação deste trabalho em sala de aula, a experiência com material concreto, segundo a opinião dos estudantes, é mais interessante do que sua simulação no computador, pelo menos nos exemplos realizados neste trabalho.

### 3.4 PROBLEMATIZAÇÃO

Em conformidade com o que foi mencionado anteriormente, uma das preocupações ao elaborar o *Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista* foi procurar identificar um sentido para a prática da atividade experimental, seja num laboratório didático convencional ou uma demonstração em sala de aula.

Numa perspectiva construtivista, a problematização a partir de um experimento adquire um papel extremamente significativo, pois sua função,

“mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e precisam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes” (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1991, p. 13).

Portanto, ao se realizar um experimento e solicitar que o estudante explique por que tal fenômeno ocorreu, sua explicação será elaborada a partir “de sua aprendizagem anterior na escola ou fora dela. As noções poderão ou não estar de acordo com as teorias e as explicações da Física, representando o que se chama de **concepções alternativas** ou **conceitos espontâneos** dos alunos” (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1991, p. 13).

A problematização a partir do experimento deve adquirir uma outra dimensão; mais do que uma simples motivação, levantamento de dados ou aprender o método científico, ela pode servir para estimular o estudante a sentir “a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém; ou seja, a questão se configura para ele como um problema para ser resolvido” (DELIZOICOV e ANGOTTI,

1991, p. 29).

Um exemplo concreto do exposto acima ocorreu no estudo das ondas estacionárias (quinta aula): colocou-se o gerador de ondas em corda em funcionamento e formaram-se cinco ventres. Pediu-se que os estudantes explicassem, por escrito, porque a corda havia adquirido aquela configuração. Inicialmente não foi explicado a eles porque isto ocorreu. Entretanto, foi-lhes dito que para que compreendessem o porquê da corda adquirir aquele formato (onda estacionária), seria necessário que eles conhecessem dois outros fenômenos que ocorrem com as ondas e que estavam presentes neste experimento. À medida que compreendessem estes dois fenômenos, teriam condições de explicar o que eles viram no experimento sob o ponto de vista do conhecimento científico. A partir desta problematização, iniciou-se a explicação de dois fenômenos ondulatórios: reflexão e superposição de ondas.

Este exemplo mostra outra característica importante da problematização: “o critério para a escolha das questões é o seu vínculo com o conteúdo a ser desenvolvido; ou seja, as questões devem estar necessariamente relacionadas ao conteúdo de Física do tópico ou unidade de estudo” (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1991, p. 29).

O experimento a ser problematizado também deve ser organizado no sentido de possibilitar ao professor exercer a função de perguntador, ou seja, “... o professor se volte mais para questionar e lançar dúvidas sobre o assunto que para responder e fornecer explicações” (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1991, p. 29).

No processo de ensino-aprendizagem a atividade experimental conflitiva é uma importante ferramenta para explorar as concepções prévias dos estudantes. Portanto, é a categoria de experiência propícia para se problematizar um conteúdo.

Na elaboração do *Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista* não poderiam passar inadvertidas as concepções prévias dos estudantes. Desta forma, a problematização inicial é um importante mecanismo didático que possibilita trazê-las à tona.

### 3.5 SENSO COMUM VERSUS CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Das diferentes formas pelas quais o ser humano adquire conhecimento, duas são focos de interesse neste trabalho: *senso comum* e *conhecimento científico*. Não se quer dizer com isso que o objetivo deste trabalho foi investigar como os estudantes aprendem determinado conteúdo, mas que em cada atividade experimental que foi realizada, procurou-se evidenciar as características destas duas formas de conhecimento. Entretanto, a meta que se procurou atingir foi o conhecimento científico, no caso específico, o conhecimento socialmente construído pela Física, que é, em última instância, a função da educação escolar.

Os conhecimentos adquiridos fora do ambiente escolar, no meio social em que vivem os estudantes, são muito difíceis de serem modificados. A forma engenhosa como elaboram suas explicações para os fenômenos que lhes são imediatos parece ser mais coerente do que as interpretações construídas pela Física.

O objetivo do professor de Física é o de que, após a explicação de um dado conteúdo, ocorra a “conversão” dos estudantes para o que é o objetivo da escola, ou seja, a aquisição do conhecimento socialmente construído - conhecimento científico - .Com este conhecimento deveriam ser capazes de compreender os princípios básicos da tecnologia, explicar fenômenos aparentemente diferentes, mas cujo princípio físico em que se baseiam é o mesmo

“O desejado é que o estudante passe a aceitar e dominar a concepção científica pela reestruturação de suas idéias prévias e não obrigado pelas regras do sistema escolar. Mesmo assim, não se pode deixar de levar em conta que a aceitação de novas concepções signifique abandono das anteriores. Ambas concepções podem coexistir, devido a forte resistência do sujeito de abandonar suas explicações originadas do senso comum” (PINHO ALVES, 2000, p. 280).

Como não se pode ignorar o conhecimento que os estudantes já trazem consigo para a escola se se pretende realizar um ensino-aprendizagem mais significativo e alicerçado sobre uma concepção construtivista, o ponto de partida deste trabalho deve ser as concepções prévias dos estudantes, pois “ independentemente da escolaridade do

aluno, os conhecimentos anteriores que eles já detém, muitas vezes interferem na efetiva apreensão do conteúdo veiculado na escola” (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1991, p. 22 ).

Assim, na medida do possível, em cada atividade experimental realizada, procurou-se evidenciar aos estudantes as duas formas de explicar e interpretar um mesmo evento pela ótica do senso comum, chamando a atenção para a diversidade de interpretações, contradições e pelo vocabulário que usavam para descrever um mesmo evento e, por outro lado, pela interpretação dada pela Física como área do conhecimento socialmente construído.

Ao pôr em xeque as respostas dos estudantes para explicar determinados fenômenos com base em seus conhecimentos prévios, procurou-se abalar as bases de suas convicções, contra-argumentando com exemplos que não davam sustentação as suas explicações. Isto os “compelia” a reformularem seus conceitos .

Muitos trabalhos já exploraram as concepções prévias dos estudantes em diversos assuntos de Física. Não é objetivo aqui o seu estudo. Porém, nas atividades desenvolvidas, elas foram sempre levadas em consideração e a partir delas é que se tentou construir os conceitos sobre fenômenos ondulatórios, porque, “mesmo que ingênuas, distorcidas ou limitadas, são elas que irão oferecer o lastro intelectual para que novos conhecimentos sejam aprendidos” (PINHO ALVES, 2000, p. 280).

### 3.6 PESQUISA-AÇÃO

A categoria de pesquisa adotada no “*Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista*”, devido as suas características, foi a **pesquisa-ação**. A interação professor-estudante exigiu flexibilidade de ação, pois em determinadas situações houve necessidade de reformular atividades que haviam sido planejadas, uma vez que, no momento de sua execução, não ocorreram conforme planejadas. Foi necessário refletir e corrigir o que não ocorreu conforme o esperado para dar continuidade nas outras turmas. “Na pesquisa-

ação ocorre um constante vaivém entre as fases, que é determinado pela dinâmica do grupo de pesquisadores em seu relacionamento com a situação pesquisada” (GIL, 1991, p. 126).

Este constante repensar sobre o que se estava fazendo não se restringiu somente às questões que não ocorreram conforme o planejado, mas também, sobre às que corresponderam às expectativas do planejamento. Assim, mesmo depois de elaborado o roteiro de atividades a ser aplicado, novas leituras e melhorias nas atividades experimentais que viessem a complementar o trabalho foram acrescentadas. Além disso, a discussão de alguns temas com os estudantes foram fontes geradoras de outras questões que ampliaram esse trabalho.

Perguntas foram reformuladas para propiciar maior clareza de objetivos; outras foram acrescentadas. Entretanto, não se fizeram questões fechadas do tipo questionário. Elas sempre procuravam estimular que o estudante expressasse sua concepção prévia do fenômeno em estudo. Portanto, a flexibilidade da pesquisa-ação permite, em primeiro lugar que:

“ao longo do processo de pesquisa os objetos são constantemente redefinidos. ... isto pode implicar, por exemplo, mudanças significativas no conteúdo do questionário ou mesmo em sua substituição por outra técnica. Em segundo lugar porque técnicas padronizadas, como questionário fechado, proporcionam informações de baixo nível argumentativo, dificultando, conseqüentemente, o trabalho interpretativo” (GIL, 1991, p. 128).

Essencialmente, o objetivo da elaboração do *Roteiro de Física numa Perspectiva Construtivista* foi organizar um conteúdo teórico inter-relacionado com atividades experimentais. Como este trabalho tem um caráter construtivista, foi também fundamental que se levasse em consideração as concepções prévias dos estudantes.

Ao se explorar as concepções prévias dos estudantes não se procurou comparar os resultados obtidos com uma turma onde se aplicasse o *Roteiro de*

*Física numa Perspectiva Construtivista* e outra onde se trabalhasse seguindo o processo tradicional. As perguntas que foram feitas para sondar as concepções prévias dos estudantes foram as mesmas nas três turmas. Portanto, o que se procurou privilegiar foram as respostas que os estudantes davam para explicar os fenômenos que lhes eram apresentados. "Muitas vezes o trabalho interpretativo é elaborado com base apenas nos dados obtidos empiricamente" (GIL, 1991, p. 129).

Assim, as respostas que os estudantes deram para as questões de problematização são de caráter pessoal e carregadas de subjetivismo, oriundas de sua interação com o meio sócio-cultural em que vivem. Estas respostas são um excelente referencial para que os professores possam preparar suas aulas, pois permitem conhecer a visão que os estudantes têm sobre o conteúdo que será trabalhado.

Algumas das respostas foram obtidas através de conversas informais com alguns estudantes fora da sala de aula, principalmente com estudantes cujo interesse profissional futuro tem a Física como base. Portanto, de maneira geral, as respostas devem ser analisadas sob a perspectiva qualitativa. "Na pesquisa, com frequência, as hipóteses são de natureza qualitativa e na maioria dos casos não envolvem nexos causais entre as variáveis" (GIL, 1991, p. 127).

#### 4. APLICAÇÃO EM AULA EM SALA DO “ROTEIRO DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA NUMA PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA”

Neste capítulo serão descritas detalhadamente todas as atividades que foram realizadas em sala de aula. Também serão comentados os problemas que surgiram em cada atividade, as soluções adotadas para contornar os imprevistos que ocorreram e sugestões para os professores que queiram aplicar este *Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista*.

A distribuição de tarefas e a orientação dada aos estudantes para o conteúdo relativo ao 4º bimestre tiveram início após uma aula onde se estava tirando dúvidas para a aplicação posterior de uma prova, cujo conteúdo já havia sido ministrado. O tempo gasto para explicar a atividade que seria realizada na próxima aula foi de 15 minutos, aproximadamente, em cada turma. Nesta aula foram formados os grupos, entregue a tabela A (anexo) e foi solicitado que cada grupo trouxesse um conjunto de peças de dominó, um cronômetro<sup>2</sup> e uma régua.

A tabela A consta de uma pesquisa que os grupos deveriam realizar. Ela deveria ser preenchida com 20 instrumentos e/ou aparelhos que produzissem ou envolvessem em seu funcionamento fenômenos ondulatórios (ondas). Esta tabela é semelhante à apresentada pela Equipe do GREF (vol. 3, p.92), “Levantamento das Chapinhas de Aparelhos Elétricos”.

##### 4.01 - 1ª AULA

O início efetivo da aplicação do projeto ocorreu no dia 28/09/00 (5ª feira), nas turmas 201 e 202 e no dia 02/10/00 (2ª feira), na turma 203. A seqüência de procedimentos adotados na aula foi a seguinte:

---

<sup>2</sup> **Observação:** O cronômetro usado foi o digital do relógio de pulso. Estes medem, em geral, centésimos ou milésimos do segundo. O professor levou uma fita métrica e um jogo de peças de dominó, para o caso de algum grupo esquecer de trazer.

Formaram-se inicialmente os grupos. Solicitou-se que cada grupo lesse da tabela A (anexo) o que eles pesquisaram: dois instrumentos e/ou aparelhos que produzissem ou envolvessem em seu funcionamento fenômenos ondulatórios (ondas). Os grupos foram orientados para não repetirem os exemplos. Após cada grupo ter citado seus exemplos, solicitou-se que os grupos, com base em seus conhecimentos, conceituassem *onda*. A pergunta formulada foi: mas afinal, o que é uma onda? Forneceu-se aos grupos um intervalo de tempo de aproximadamente 10 minutos para que elaborassem seu conceito do que julgavam ser uma onda. Estas respostas representam o consenso dos grupos. Alguns dos conceitos por eles elaborados foram os seguintes:

- *"Onda é a perturbação de uma força que se propaga. Ela pode ser de várias naturezas: eletromagnética, sonora, etc."*
- *"Quando vários pontos de um material começam a executar um movimento oscilatório devido a um movimento, também oscilatório, produzido por outro material."*
- *"Onda é uma vibração que pode transmitir calor, som, etc, através de seus movimentos ondulatórios."*
- *"É uma vibração gradativa emitida numa frequência através, por exemplo, de uma corda ou no espaço."*
- *"São vibrações que oscilam dentro de uma frequência e precisam de um meio material para se propagar."*
- *"Onda é um movimento ondulatório que produz som, sinal de imagens, etc."*
- *"Onda é a vibração de uma força descontínua."*
- *"Onda é a propagação do movimento."*
- *"Onda é um movimento sinuoso, provocado por uma força, seja natural ou não."*
- *"Onda é uma força que sofre algum tipo de vibração."*
- *"Onda é a emissão de uma força invisível que se retrai e se expande."*
- *"Onda é uma oscilação de moléculas. Elas emitem calor, luz, som, etc."*

- “*Ondas são meio de propagação de energia (luminosa, sonora, eletromagnética...)*”.

Percebe-se que os comentários parecem estar carregados de outros conceitos científicos aprendidos nas outras séries do ensino fundamental (força, movimento, movimento sinuoso, energia), apropriados de maneira confusa pelo senso comum. Da fusão destas duas formas de conhecimentos resultaram os conceitos que eles apresentaram.

Após cada grupo ter elaborado o seu conceito de onda, fizeram uma leitura para os demais grupos. Procurou-se evidenciar como cada grupo apresentava um conceito diferente para *ondas* e a dificuldade que possuíam em perceber pontos comuns nos vários exemplos de ondas citados. Comentou-se que este tipo de definição que eles deram é o que se chama de *senso comum*. *O conhecimento científico é o consenso de uma comunidade de cientistas que possui critérios específicos para conceituar um fenômeno.*

Para a resposta que cada grupo dava, sempre que pertinente, procurava-se formular perguntas que tinham por objetivo fazer com que os estudantes percebessem falhas, contradições ou limitações em suas respostas ou justificativas. Este tipo de procedimento foi adotado em quase todas as perguntas que foram formuladas ao longo das atividades realizadas.

Após esta discussão, os grupos realizaram a seguinte atividade experimental de **comprovação**:

- 1) Enfileirar as 28 peças de dominó, “igualmente” espaçadas. A distância entre elas deveria ser o suficiente para que quando uma caísse, derrubasse a seguinte e, assim, sucessivamente.
- 2) Medir a distância entre a primeira e a última peça de dominó.
- 3) Cronometrar o intervalo tempo necessário para que todas as peças caíam, a partir do instante da derrubada da primeira peça.

- 4) Calcular a velocidade com que a perturbação provocada na primeira pedra se propagou até atingir a última pedra (em **cm/s**) e o número de pedras que caíram por segundo.
- 5) Responder, finalmente, à seguinte pergunta: Qual o objetivo de realizar esta atividade experimental com as peças de dominó?

Apresentam-se algumas respostas:

- *“Descobrir a velocidade de propagação de uma onda sobre o dominó.”*
- *“Demonstrar outro tipo de onda e calcular a frequência com que elas caem.”*
- *“Entender como ocorre a propagação por oscilação, nas peças de dominó.”*
- *“Foi calcular a velocidade da queda das pedras de dominó devido a distância entre seus extremos.”*
- *“O objetivo foi visualizar como uma onda se propaga, pois a mesma se comporta mais ou menos como o dominó...”*
- *“Conhecer como funciona as ondas e suas frequências.”*
- *“Pudesse visualizar a propagação de uma onda e calcular a sua velocidade.”*
- *“Dar início ao assunto de ondas, sabendo assim na prática o que é, como é no nosso dia-a-dia.”*
- *“O objetivo foi verificar a velocidade e o número de pedras que caem por segundo, após uma certa perturbação causada na primeira pedra e que se propagou para as outras.”*
- *“Neste trabalho pudemos perceber detalhadamente como funciona a propagação de uma onda, bem como o valor de sua velocidade através de fórmulas. Podemos também formar um conceito sobre onda, qual a sua função e onde é empregada.”*

Ao formular esta pergunta, tinha-se por objetivo abrir um espaço para, principalmente, discutir e construir o conceito de onda sob a perspectiva do conhecimento científico, procurando evidenciar propriedades comuns a todas elas. Um segundo propósito para o qual este experimento serviu, foi o de calcular a velocidade de um tipo de onda, com um arranjo experimental bastante simples. Nesta atividade algo

que se mostrou bastante interessante foi o envolvimento do grupo na realização do experimento.

Os estudantes determinaram, a partir da experiência, a velocidade com que a perturbação provocada na primeira pedra se propagou até atingir a última pedra (em **cm/s**) e o número de pedras que caíam por segundo.

Os objetivos básicos desta experiência foram: a) construir o conceito de ondas a partir de um experimento bastante simples e conduzido pelos próprios estudantes; b) mostrar que os vários tipos de ondas que eles pesquisaram estão submetidos ao mesmo conceito.; c) determinar a velocidade de um tipo de onda por um processo bastante simples, pois serviria de base para deduzir, posteriormente, a equação fundamental das ondas. É importante registrar que o objetivo do professor nem sempre coincide com o dos estudantes.

As questões propostas aos grupos foram sendo formuladas à medida cada uma era concluída. Nesta aula foram realizadas as seguintes perguntas aos grupos:

- 1) Mas, afinal, o que é uma onda?
- 2) Qual a velocidade com que a perturbação provocada na primeira pedra se propaga até atingir a última pedra (em **cm/s**)?
- 3) Qual o número de pedras que cai por segundo?
- 4) Qual o objetivo de realizar esta atividade experimental com as pedras de dominó?

Ao final da aula foi recolhida a tabela **A**, o resultado das atividades experimentais e as respostas às perguntas formuladas.

Dentre as respostas apresentadas pelos grupos às questões problematizadoras, selecionaram-se somente aquelas julgadas mais relevantes. O critério adotado nesta escolha foi o grau de elaboração e criatividade das respostas que eles deram às questões formuladas. Também foi necessária uma triagem das respostas, caso contrário este trabalho ficaria por demais extenso. Nem todas as perguntas formuladas durante as aulas constam aqui. Algumas respostas, por serem muito

parecidas, também foram omitidas. Para algumas perguntas, foi feito apenas um comentário geral sobre a resposta dos estudantes .

### **Dificuldades encontradas**

A turma 201 foi a primeira com a qual se iniciou o roteiro dos experimentos e foi a que apresentou maiores dificuldades, inicialmente, para executar as atividades programadas. Isto ocorreu porque no início da aula os grupos já abriram os estojos com as peças de dominó, o que causou um certo transtorno, pois não prestavam atenção na explicação de como seriam conduzidas as atividades. Além do barulho que faziam com as peças, alguns grupos brincavam com elas enquanto eram explicadas as atividades a serem desenvolvidas. Este comportamento exigiu que o professor tivesse que “pôr ordem na turma” cada vez que iniciava outra atividade. Esta falha na execução das atividades programadas deveu-se basicamente à inexperiência do professor com este tipo de atividade. A quarta atividade teve que ser realizada na aula seguinte, pois nesta, o tempo não foi suficiente.

Outro problema detectado foi que alguns grupos tiveram dificuldade em colocar na fórmula a leitura do tempo que foi medido em seus cronômetros. As falhas detectadas nesta turma serviram de aprendizado para serem corrigidas nas outras turmas.

### **Soluções adotadas**

Nas turmas 202 e 203 as atividades fluíram facilmente. Houve tempo suficiente para que todas fossem concluídas, com sobras. As correções feitas, com base no que se observou com a turma 201, foram as seguintes: no início da aula solicitou-se que todos os grupos colocassem sobre a mesa do professor os estojos com o jogo de dominó. Procurou-se dar a entender que seriam anotados todos os grupos que haviam trazido o material solicitado. Isto permitiu explicar as atividades sem que houvesse dispersão dos grupos com outra atividade. Os grupos foram orientados sobre como interpretar corretamente a leitura do cronômetro. Após estes procedimentos, deu-se início às atividades programadas e a aula transcorreu sem nenhum entrave.

## Comentários

O objetivo da realização deste experimento foi, principalmente, construir o conceito de ondas. Acredita-se ter atingido este objetivo em função das respostas dadas pelos grupos. A construção do conceito de ondas desta forma foi mais demorada do que da forma tradicional. Entretanto, houve a possibilidade de uma discussão mais ampla, de conhecer as concepções prévias dos estudantes e de uma melhor compreensão e envolvimento dos estudantes na construção do conceito de ondas.

### 4.02 - 2ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 03/10/00 (3ª feira), na turma 203 e no dia 05/10/00 (5ª feira), nas turmas 201 e 202. Esta aula tinha por objetivo uma sistematização mais ampla do conteúdo de ondas, ou seja, classificação das ondas quanto à natureza, direção de propagação e vibração, elementos de uma onda (período, frequência, amplitude, comprimento de onda, etc), diferenciação entre velocidade de oscilação e velocidade de propagação da onda e dedução da equação que permite calcular a velocidade de propagação de uma onda e algumas considerações sobre a mesma. Esta sistematização foi realizada com o uso do retroprojektor. A categoria de experiência realizada nesta aula foi de **compartilhamento e simulação**.

Disponha-se para realizar este experimento uma mola helicoidal *slinky* (mola “maluca”). A seqüência de procedimentos adotados nesta aula foi a seguinte:

Distribuiu-se a sala em dois semicírculos. Este procedimento permitiu que todos os estudantes pudessem visualizar o experimento com a mola que foi realizado no centro da sala. Colocou-se o retroprojektor próximo do quadro. Ao mesmo tempo em que se realizava o experimento, introduzia-se a teoria.

Duas linhas entre os ladrilhos, perpendiculares entre si (eixos **X** e **Y**), serviram como um sistema de coordenadas cartesianas sobre os quais a mola era posta a oscilar no plano horizontal. Este experimento foi realizado com a ajuda de um aluno que segurava a mola na outra extremidade.

Com este experimento foi possível identificar e conceituar: pulso, onda, onda unidimensional, onda mecânica, onda transversal e longitudinal, crista, vale, amplitude, comprimento de onda, período, frequência, velocidade de propagação e de oscilação (somente sob o aspecto qualitativo).

No final da aula foi realizada uma experiência de simulação no computador com um programa “A onda é essa!” da revista CD-ROM Escola. Para realizar esta atividade, foi levado um computador para a sala de aula. Este programa permite alterar, qualitativamente, os seguintes parâmetros nas ondas: amplitude, frequência e velocidade de propagação da onda.

Procurou-se evidenciar aos estudantes que a simulação em computador é uma ferramenta extremamente importante, que permite analisar e perceber detalhes que *na experiência real seriam difíceis de serem reproduzidos*, mas não representa a experiência em si, embora, se constitua numa poderosa ferramenta

Nesta aula não foi proposta nenhuma atividade aos estudantes, servindo de fundamentação teórica para as aulas futuras. Estas duas atividades experimentais não apresentaram nenhuma dificuldade de execução nas três turmas.

#### 4.03 - 3ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 09/10/00 (2ª feira), nas três turmas 201, 202 e 203. Na quinta-feira dia 05/10/00 aconteceu na escola a “AMOSTRA ARTÍSTICO – CIENTÍFICO – CULTURAL”, não havendo aula nas turmas 201 e 202. A seqüência de procedimentos adotados nesta aula foi a seguinte:

Primeiro conclui-se parte da teoria da aula anterior que havia faltado (dedução da equação fundamental das ondas). A dedução desta equação teve como referência o experimento realizado com as peças de dominó e com a mola helicoidal (geração de ondas transversas na mola).

Após a conclusão desta atividade, eles receberam a tabela **B**, que deveria ser completada e entregue no final da aula (anexo). Para completar esta tabela, os estudantes receberam novamente a tabela **A**, onde haviam pesquisado 20 instrumentos e/ou aparelhos que produzissem ou envolvessem em seu funcionamento fenômenos ondulatórios (ondas). Deveriam, desta forma, identificar instrumentos ou aparelhos que apresentavam ondas *mecânicas* ou *eletromagnéticas* e se estas ondas eram *transversais* ou *longitudinais*.

Ao completarem a tabela **B**, foi dada liberdade para os grupos colocarem outros exemplos que não fossem necessariamente os da tabela **A**, que eles haviam pesquisado. Isto porque agora já possuíam um conhecimento maior sobre ondas e com os exemplos que eles dispunham na tabela **A**, dificilmente seria possível completar a tabela **B**. Esta atividade foi toda concluída nesta aula e recolhida ao seu final.

Uma dúvida comum a todos os grupos foi a seguinte: o celular produz ondas mecânicas ou eletromagnéticas? Eles sabiam a diferença entre os dois tipos de ondas e que este aparelho envolvia as duas. Mas o que eles queriam saber era se este aparelho poderia se enquadrar em duas classificações ao mesmo tempo. Este tipo de questionamento foi discutido em todas as turmas.

#### 4.04 - 4ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 10/10/00 (3ª feira), na turma 203 e no dia 16/10/00 (2ª feira), nas turmas 201 e 202. No dia 12/10/00 (5ª feira) foi Feriado Nacional, não havendo aulas nas turmas 201 e 202. A categoria de experiência realizada nesta aula foi de **simulação**. A sequência de procedimentos adotada nesta aula foi a seguinte:

Os estudantes foram conduzidos à sala de vídeo e receberam orientações sobre as atividades que iriam realizar e sobre o tipo de filme ao qual iriam assistir. O título do filme a que eles assistiram foi ONDAS NA ÁGUA, cujo tempo de duração foi de aproximadamente 15 minutos. Esta fita de vídeo foi fornecida aos professores que

fizeram o CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA. Ela contém outros títulos que também estão relacionados com o conteúdo de ondas como: polarização de luz e para que servem os sons?

Foram entregues 4 perguntas para cada grupo que deveriam ser respondidas com base nas informações fornecidas pelo filme e nos conhecimentos já adquiridos nas aulas anteriores. As respostas seriam recolhidas após o término da aula. Para uma das perguntas foi recomendada uma bibliografia aos alunos que tivessem interesse em conhecer mais sobre o tema.

A importância deste filme reside no fato de mostrar experimentos que não poderiam ser feitos em sala de aula devido ao tipo de material necessário à sua execução. Procurou-se evidenciar aos estudantes a importância do conhecimento teórico adquirido na aula anterior para poderem compreender as informações veiculadas no filme e a linguagem usada (vocabulário específico de um setor do conhecimento científico). Estes conhecimentos teóricos adquiridos deveriam ser usados para explicar fenômenos naturais e compreender que estes conhecimentos são importantes na formação cultural de cada cidadão.

A maioria dos grupos pediu para entregar as respostas dadas às perguntas na aula seguinte, pois gostaria de complementar suas respostas com a bibliográfica sugerida (porque as ondas do mar “quebram” na praia?). As perguntas dirigidas aos estudantes constam no anexo.

#### 4.05 - 5ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 16/10/00 (2ª feira), na turma 203 e no dia 19/10/00 (5ª feira), nas turmas 201 e 202. O objetivo desta aula foi o estudo de três fenômenos ondulatórios: reflexão, superposição e ondas estacionárias. A sequência de procedimentos adotados nesta aula foi a seguinte:

Foram realizados dois experimentos, um com uma corda flexível de três metros de comprimento e outro com o gerador de ondas em corda, construído pelo professor. O primeiro experimento foi realizado por dois estudantes e o segundo pelo professor.

No primeiro experimento, os dois estudantes seguraram a corda nas extremidades, apoiando-a no piso da sala. Uma extremidade da corda ficou fixa e a outra foi posta a oscilar no plano horizontal, o mais rápido possível, produzindo ondas transversais. Este experimento foi semelhante ao que o professor fez com a mola helicoidal na segunda aula.

Antes da execução da experiência, pediu-se que os grupos tentassem fazer uma previsão (formular uma hipótese) do que ocorreria se seus colegas conseguissem oscilar a corda sempre com a mesma frequência e amplitude. A experiência foi realizada após os grupos terem dado suas respostas e as terem lido para os demais colegas. Algumas das previsões que os grupos fizeram foram as seguintes:

- *“A corda irá formar ondulações em forma de semicírculos e quanto mais rápido os movimentos maiores serão as oscilações e menores os tamanhos das ondas e vice-versa”.*
- *“A corda formará ondulações mais próximas, mas nunca iguais, pois ninguém consegue oscilá-la constantemente imprimindo sempre a mesma força.”*
- *“Diminuir o comprimento das ondas com o aumento da frequência.”*
- *“Aumentando a agitação irá aumentar a quantidade ondas diminuindo o comprimento de cada onda.”*

Em geral, as explicações dadas pelos estudantes concentraram-se na idéia de que o comprimento de onda diminuía à medida que aumentava a velocidade de oscilação da corda.

Procurou-se mostrar com este experimento que, por mais que se tentasse, não se poderia, com a mão, oscilar a corda sempre com a mesma amplitude e frequência. Mas deixou-se “pairar no ar” o seguinte: qual seria a aparência que a onda

produzida na corda adquiriria se fosse possível oscilá-la sempre com a mesma amplitude e frequência? Esta questão não foi respondida inicialmente. Posteriormente, mostrou-se o gerador de ondas em corda, seu princípio de funcionamento e que ao ser acionado, produziria na corda ondas sempre com a mesma amplitude e frequência. Também se comentou que este gerador seria usado em outros experimentos.

A categoria de experiência realizada nesta aula foi conflitiva e teve um objetivo problematizador. Solicitou-se que os grupos explicassem por que quando o gerador de ondas em corda entrava em movimento, a corda adquiria o formato percebido. Posto em funcionamento, depois de regulado, ele produziu uma onda estacionária com 5 ventres. Solicitou-se aos grupos que explicassem por que a corda adquiria o formato que eles estavam percebendo. As respostas foram as seguintes:

- *“Aparentou ter duas ondas. Isto ocorreu porque houve um grande movimento de oscilação ocorrendo uma ilusão de óptica.”*
- *“No movimento da corda no chão existe uma folga, dando um espaço maior para a corda oscilar. No aparelho a corda fica esticada de maneira que ela apenas vibra.”*
- *“Ilusão de óptica, nosso olho não consegue captar tão rapidamente a oscilação.”*
- *“Pois a corda estava esticada com um peso em sua extremidade. Como sua velocidade de propagação era muito grande fazia a corda ir e voltar. Quanto menor o peso maior a oscilação das ondas.”*
- *“Devido à grande velocidade a corda forma ondas que vão de um extremo ao outro parecendo ser duas ondas devido a ilusão de óptica.”*
- *“As ondas vão e voltam pela corda formando um ponto de encontro, aparentando duas cordas sempre com a mesma velocidade. Se a corda fosse maior só mudaria o tamanho das ondulações.”*
- *“A velocidade de propagação da onda na corda faz com que tenhamos a impressão que são duas cordas devido ao fato dela ir e voltar nos causando uma ilusão de óptica.”*

No geral, pareceu aos grupos que o fenômeno que eles observaram estava relacionado com uma ilusão de óptica, devido à rapidez de oscilação do gerador. Isso foi percebido pelas respostas que eles deram e pela dificuldade que tiveram para elaborar uma resposta para o que viram.

O objetivo inicial foi atingido: apresentar um experimento simples e que para a compreensão deste fenômeno, os estudantes teriam que adquirir outros conhecimentos. Não foi explicado porque isto ocorreu. Eles sabiam apenas que a corda oscilava na mesma amplitude e frequência. Foi dito aos estudantes que para a compreensão do motivo da corda adquirir aquele formato, seria necessário que eles conhecessem dois outros fenômenos que ocorrem com as ondas e que estavam presentes neste experimento. À medida que compreendessem estes dois fenômenos, teriam condições de explicar o que eles viram neste experimento sob o ponto de vista do conhecimento científico.

Não foi dito aos estudantes, nesta aula, que o fenômeno que eles observaram se denomina *onda estacionária*. O início da explicação dos fenômenos ondulatórios de reflexão, superposição e ondas estacionárias ocorreu na aula seguinte.

A seqüência de procedimentos adotados nesta e na aula seguinte foi diferente do tradicionalmente adotado nos livros didáticos. Primeiro os livros didáticos explicam reflexão de ondas numa corda presa em uma extremidade fixa (e em uma situação posterior, com a extremidade livre), depois o fenômeno de superposição de ondas. A partir destes dois conceitos é que explicam o fenômeno das ondas estacionárias. Aqui se iniciou pelas ondas estacionárias, como um fenômeno a ser explicado. Ela foi apresentada com o objetivo de mostrar aos estudantes a necessidade de adquirirem outros conhecimentos para poderem explicar o que lhes foi mostrado.

#### 4.06 - 6ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 17/10/00 (3ª feira), na turma 203 e no dia 19/10/00 (5ª feira), nas turmas 201 e 202. O objetivo desta aula foi o estudo dos fenômenos ondulatórios: reflexão e superposição de ondas numa corda. Este conhecimento os habilitaria a compreender o fenômeno das ondas estacionárias e seria a base para assuntos que seriam discutidos mais adiante. A seqüência de procedimentos adotados nesta aula foi a seguinte:

Os conteúdos foram organizados em transparências para agilizar sua apresentação. Também se discutiu como estes fenômenos ocorriam com todos os outros tipos de onda (sonoras, luminosas, na água).

Antes de iniciar a explicação sobre superposição de ondas, duas perguntas foram formuladas para os estudantes. Para estas perguntas não foram recolhidas, por escrito, as respostas dos estudantes. As perguntas formuladas foram as seguintes: pode. **som** + **som** produzir silêncio? Pode. **luz** + **luz** produzir escuridão?

Neste caso, nenhum estudante considerou a possibilidade de tais fenômenos. Isto é bastante compreensível, pois em suas experiências cotidianas não se deparam com este tipo de fenômeno. O que todos acharam possível foi a pergunta inversa, ou seja, **luz** + **luz** produzir uma luminosidade mais intensa e o mesmo se deu em relação ao som.

No final da explicação sobre superposição, formulou-se outra pergunta que foi facilmente respondida: o que ocorreria se duas ondas com as mesmas características, mas em oposição de fase, atingissem simultaneamente o mesmo ponto?

Após as explicações da reflexão de ondas na corda com uma extremidade fixa e a superposição de ondas, perguntou-se aos estudantes se, com base nestes dois fenômenos, eles saberiam, agora, explicar o que eles viram no gerador de ondas *mostrado na aula anterior*. Percebeu-se, pelos estudantes que se manifestaram em responder, que haviam compreendido a ocorrência daquele fenômeno. Depois de se ter

explicado a formação das ondas estacionárias, comentou-se que se voltaria a discuti-la em Acústica, ao estudar os instrumentos de corda.

Além da representação esquemática da superposição de ondas feita em transparência, também foi apresentada no final da aula uma simulação em computador sobre este intrigante fenômeno. O programa "Dois Falantes" da revista CD-ROM Escola, exibe visualmente que aspecto teriam as ondas emitidas a partir de duas fontes de ondas próximas, por exemplo, dois alto-falantes. Este tipo de simulação é indicado quando não se dispõe de cuba de ondas para realizá-la

#### 4.07 - 7ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 23/10/00 (2ª feira), nas turmas 201, 202 e 203. O objetivo desta aula foi o estudo da refração. Como é um fenômeno comum a todos os tipos de ondas, sua discussão teórica estendeu-se a ondas em corda, na água, ondas sonoras e luminosas. A parte teórica do conteúdo de refração foi organizada em transparência. No caso da luz, discutiram-se os fenômenos de absorção, refração e reflexão.

Os fenômenos de refração e reflexão foram analisados quando a luz se propagava do ar para água. Esta e a situação inversa foram discutidas durante a atividade experimental realizada na aula seguinte. Nesta aula, foram discutidas apenas a teoria e a realização de exercícios.

Perguntou-se aos estudantes por que quando a luz do LASER incide *perpendicularmente* na superfície da água ela não sofre alteração em sua direção, mas apenas quando incide na superfície da água *obliquamente*?

Para esta pergunta, colocou-se inicialmente no quadro uma representação esquemática mostrando a trajetória da luz quando incide na superfície da água perpendicular e obliquamente. Nesta representação esquemática, usou-se o procedimento adotado na Óptica Geométrica, ou seja, a luz como um seguimento de

reta orientado (raio de luz). Posteriormente, para explicar o fenômeno de refração, substituiu-se a representação da Óptica Geométrica por ondas planas e paralelas. As respostas que os grupos deram às duas perguntas foram as seguintes:

- *“Na diagonal vai formar o mesmo ângulo dentro da água e na vertical não, pois não há ângulo nenhum.”*
- *“Porque houve uma mudança de estado, a luz passou do gasoso (ar) para o líquido (água).”*
- *“Ela muda de direção ao entrar na água porque sua velocidade está sendo refletida pela água.”*

Explicar este fenômeno aos grupos foi muito difícil. Os poucos que responderam também não tinham muita convicção em suas respostas.

#### 4.08 - 8ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 24/10/00 (3ª feira), na turma 203 e nas turmas 201 e 202, no dia 26/10/00 (5ª feira). Nesta aula foram realizadas duas categorias de atividades experimentais: de **comprovação** e **conflitiva**. A seqüência de procedimentos adotados nesta aula foi a seguinte:

Fez-se a luz da caneta LASER incidir na parede. Com isto discutiu-se que a luz do LASER só era percebida quando incidia na parede. Perguntou-se aos estudantes como se poderia proceder, experimentalmente, para se visualizar sua trajetória no ar. Esta pergunta foi facilmente respondida:

- *“colocando fumaça de cigarro na trajetória da luz”.*

Na segunda atividade colocou-se água numa cuba (6 cm x 13,5 cm x 25 cm) e perguntou-se aos estudantes se a luz do LASER se tornaria visível ao atravessar a água da cuba. Para esta pergunta a maioria respondeu que:

- “a luz se tornaria visível”.

Entretanto, ao se realizar a experiência, não foi possível visualizá-la. Novamente se perguntou aos estudantes como se poderia proceder, experimentalmente, para se visualizar sua trajetória na água. Neste caso não houve uma resposta unânime da turma. As duas sugestões mais significativas foram:

- “colocar fumaça na água”
- “colocar corante na água, por exemplo tinta aquarela”.

Para possibilitar a visualização da luz se propagando na água dissolveu-se nela uma colher de sopa de açúcar. Também pode ser usado sal de cozinha (cloreto de sódio).

Na terceira atividade, realizou-se experiência fazendo a luz se propagar do ar para água, mostrando-se aos estudantes os fenômenos de reflexão e refração. Este tipo de atividade experimental foi tipicamente de **comprovação** da teoria desenvolvida na aula anterior.

Na quarta atividade, o sentido de propagação da luz foi invertido, ou seja, fez-se o feixe de LASER se propagar da água para o ar. Antes de realizar a experiência, solicitou-se que estudantes fizessem uma representação esquemática mostrando a trajetória que a luz iria seguir. Esta experiência foi de categoria **conflitiva**. O objetivo desta experiência foi problematizar o fenômeno de *reflexão total* da luz. Ao fazerem suas representações esquemáticas, os grupos seguiram a mesma linha de raciocínio adotada na terceira atividade e com base na teoria desenvolvida na aula anterior. Para surpresa dos estudantes, o feixe de LASER retornou todo para água não sofrendo refração. Ao contrariar suas expectativas, foi necessário que os estudantes reformulassem suas hipóteses. Discutiu-se este fenômeno e posteriormente perguntou-se aos estudantes se eles conseguiam ver alguma aplicação prática para esta experiência. Eles disseram que não conheciam, nem tinha ouvido falar em algo onde se aplicasse esta experiência. Então foi-lhes apresentado um fio de fibra óptica usada em

telecomunicações, explicando que seu princípio de funcionamento se baseava no fenômeno da reflexão total. Eles acharam interessante ver o feixe de LASER “fazer curva” e emergir na outra extremidade. Também se discutiu a aplicação deste princípio em outros equipamentos como, por exemplo, o endoscópio de uso médico.

#### 4.09 - 9ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 30/10/00 (2ª feira), nas turmas 201, 202 e 203. Foi aplicada uma prova com o conteúdo trabalhado até a 8ª aula, ou seja, refração das ondas. No dia 31/10/00 (3ª feira), não houve aula para a turma 203, pois os alunos saíram para realizar um trabalho de campo, na disciplina de Biologia. No dia 02/11/00 (5ª feira) não houve aula nas turmas 201 e 202 devido ao Feriado Nacional de Finados.

#### 4.10 - 10ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 06/11/00 (2ª feira), nas turmas 201, 202 e 203. Iniciou-se esta aula com duas experiências que serviram para problematizar o conteúdo de **ressonância**. A categoria destas duas atividades experimentais foi **conflitiva**. A seqüência de procedimentos adotados nesta aula foi a seguinte:

A primeira experiência foi realizada com diapasão. Bateu-se com o martelo de borracha no diapasão fixado na caixa de ressonância. Os estudantes escutaram o som. Segurando as extremidades do diapasão com a mão, ele pára imediatamente de emitir som. A seguir, colocaram-se dois diapasões idênticos, com a abertura das caixas de ressonância uma de frente para outra. Bateu-se com o martelo de borracha num dos diapasões e ele começou a emitir um som. Segurando, em seguida, este diapasão com a mão, ele pára de emitir som, mas o diapasão que estava próximo continua a emitir um som idêntico ao daquele que recebeu a pancada com o martelo de borracha, como se tivesse recebido uma pancada com o martelo.

Repetiu-se esta experiência provocando uma pequena modificação na experiência descrita acima. Acrescentaram-se dois contrapesos (sobrecargas para

diapasão) nas hastes de um dos diapasões. Neste caso, houve uma alteração na frequência deste diapasão. Isto foi feito porque não se dispunha de outro diapasão com frequência natural diferente. Agora, dando uma pancada num dos diapasões com o martelo e segurando-o logo em seguida com a mão, o segundo diapasão não emite som.

Para que toda sala pudesse ouvir melhor o som emitido pelo diapasão, colocou-se um microfone acoplado a uma caixa amplificadora de som próximo ao diapasão. O ideal nesta experiência é que se dispusesse de um outro diapasão parecido, mas com frequência natural diferente. Talvez isto gerasse uma variedade maior de interpretações por parte dos estudantes.

Realizada esta atividade experimental, solicitou-se que os grupos respondessem, por escrito, às seguintes perguntas problematizadoras:

- 1) Quando damos uma pancada com o martelo de borracha no diapasão ele começa vibrar emitindo um som. O outro diapasão, idêntico ao que recebeu a pancada, que se encontra próximo, também começa a emitir um som. Por que isto ocorre?
- 2) Quando substituímos um dos diapasões por outro diferente e repetimos o mesmo procedimento, este outro diapasão não emite som, por quê?

Após cada grupo ter elaborado sua resposta, eles leram para os outros grupos. Este tipo de procedimento foi realizado nas duas atividades experimentais. As respostas que os grupos deram foram as seguintes:

- *“Quando um diapasão começa a vibrar faz com que o ar que se encontra a sua volta comece a vibrar causando a vibração do outro diapasão”.*
- *“Porque ocorre a transmissão de energia de um diapasão para outro pelo ar. A presença do pesinho faz diminuir a frequência a ponto de não haver transporte de energia por este motivo o outro diapasão não vibra”.*
- *“Quando bate no diapasão ele vibra fazendo com que as moléculas de ar vibrem. O diapasão que está próximo entra em contato com estas moléculas e vibrarão também”.*

- *“Isto ocorre quando o diapásão tem uma certa capacidade de captar as ondas que estão se propagando pelo espaço perto da base oca do diapásão. A frequência é igual...”*
- *“A emissão de som ocorre porque o primeiro diapásão transmite as ondas sonoras para o segundo com muita força. No segundo procedimento não há a emissão de som porque as ondas transmitidas são muito fracas.”*
- *“... porque ele tem a capacidade de captar as ondas sonoras que se propagam no ar... com os contrapesos o diapásão não transmite som para outro.”*
- *“... na segunda experiência o som não atinge o outro diapásão devido aos pesinhos colocados no primeiro diapásão. Estes pesinhos, de uma certa forma, “quebram” o caminho da vibração, direcionando as ondas para diversas direções e não somente na direção do outro diapásão.”*
- *“Quando batemos num dos diapásões ele emite um som até chegar no outro diapásão. Se pararmos o primeiro diapásão, as ondas que já se expandiram atingem o outro diapásão, e este por sua vez emite ondas sonoras.”*
- *“... substituindo um diapásão por outro, não emite som porque a estrutura é diferente e ele emite um outro tipo de onda.”*
- *“com o diapásão mais pesado, a frequência das ondas emitidas é menor não sendo suficiente para fazer o outro vibrar.”*

Uma interpretação comum a vários grupos foi a seguinte: quando um diapásão está vibrando ele passa essa energia para outro que também começa a vibrar (emitir som). Quando se coloca contrapeso num dos diapásões (modificando-se sua frequência) esta energia não passa mais para o outro diapásão.

A segunda atividade experimental foi realizada com o *aparelho de ressonância* dos “Conjuntos Bender”. Colocou-se sobre uma carteira o *aparelho de ressonância*, fixado num tripé. Deslocou-se, inicialmente, uma das molas pequenas de sua posição de equilíbrio e solicitou-se que os estudantes observassem o que ocorreria com as outras molas. Depois se repetiu a experiência com uma das três molas maiores:

1) duas molas com “peso para mola plana” e uma sem; 2) três molas com “peso para mola plana”.

Solicitou-se que os grupos explicassem, por escrito, por que quando uma das molas grandes com “peso para mola plana” é posta a vibrar a outra com peso também começa a vibrar, mas a mola sem peso na extremidade não vibra? Por que quando uma mola pára de vibrar a outra recomeça e assim sucessivamente? Por que quando uma das molas grandes entra em movimento a outra do mesmo tamanho também entra em movimento no mesmo “ritmo”, porém isto não ocorre com as molas pequenas?

Também se fez uma pergunta para a qual não se exigiu que os estudantes escrevessem a resposta. Antes de se flexionar uma das molas, foi solicitado que eles pensassem um pouco e tentassem fazer uma previsão do que ocorreria com as outras molas e confrontassem o que eles pensavam com o observado na experiência.

As respostas escritas que os grupos deram foram as seguintes:

- *“Só será emitido(sic) vibrações entre os meios materiais que forem iguais, assim como aconteceu com o diapasão.”*
- *“A mola sem peso na extremidade não vibra porque os corpos têm massas diferentes. A mola que está parada está acumulando energia da que está em movimento, assim quando uma pára a outra começa a se movimentar.”*
- *“Assim que uma mola libera energia, ela se mexe, a outra mola fica acumulando energia. Assim que a primeira pára a segunda libera energia e a primeira fica acumulando e assim sucessivamente.”*
- *“A mola começa a vibrar porque emite uma frequência onde a outra mola com a mesma frequência vibre também, assim só movendo as molas com as mesmas frequências. Uma mola se movimenta e a outra pára é porque uma retêm a força enquanto a outra libera e vice-versa.”*
- *“A energia é transmitida pelo metal e conduzida até a outra extremidade, por isso elas vibram desordenadamente, já que a energia está em apenas uma*

*mola de cada vez. A mola sem peso não vibra porque funciona como um estágio neutro.*"

- *"O peso das molas faz com que o movimento destas se prolongue, o que não ocorre na mola sem peso, onde seu movimento é mais rápido. Ela para (sic) e depois continua porque a outra o impulsiona."*
- *"A vibração acontece porque a energia de uma mola é transmitida para outra. Isto ocorre sucessivamente, quando uma vibra passa sua energia para outra ficando com pouca e sem força para vibrar. Depois ela acaba recebendo a energia novamente (vai e volta). A mola sem peso serve como um ponto "neutro" onde as energias (de ida e volta) se encontram se neutralizando."*
- *"A energia das molas é transferida pelos eixos que as mantêm presas. Cada mola com o seu devido peso será capaz de "gerar" ou "receber" energia com a mesma frequência (constante). Assim molas de tamanhos e pesos iguais, só trocam energia entre si, não interferindo nas molas com pesos e tamanhos diferentes."*
- *"A frequência de uma mola com peso é diferente de uma sem peso, então a frequência da mola com peso só passa para a mola com peso e a sem peso não se move, pois sua frequência é outra. Uma para (sic) quando a outra começa, pois a energia não é "constante", quando uma mola passa energia para a outra ela fica sem, quando a outra devolve perde e assim sucessivamente."*
- *"Só transporta energia da mola pequena para a pequena e da grande para a grande porque elas trabalham na mesma frequência e em linha."*
- *"Neste caso, quando aplicamos uma força na mola menor essa começa a vibrar numa frequência e a energia é transportada para sua semelhante (que vibra com a mesma frequência). A energia não é continua; pois quando um para o outro começa a vibrar. Só existe transporte de energia entre elementos semelhantes. O mesmo ocorre com a mola grande."*

Freqüentemente, eles se preocupavam em descrever o que viam, em vez de explicarem por que tal fenômeno ocorria.

O desenvolvimento da parte teórica foi realizado na aula seguinte. Ainda no final desta aula foi entregue para cada aluno uma folha contendo seis perguntas relativas a aplicações tecnológicas e fenômenos naturais onde ocorria o fenômeno de ressonância. Estes exercícios visavam despertar o interesse dos estudantes pela próxima aula, na qual se desenvolveria a parte teórica que os auxiliaria a responder as perguntas formuladas nas duas experiências, além destas seis perguntas (*anexo*).

Das atividades experimentais realizadas até aqui, estas despertaram muito o interesse dos estudantes, principalmente o comportamento das molas do *aparelho de ressonância*.

#### 4.11 - 11ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 07/11/00 (3ª feira), na turma 203 e nas turmas 201 e 202 no dia 09/11/00 (5ª feira).

Nesta aula foram discutidas a teoria do fenômeno de ressonância, suas aplicações tecnológicas, fenômenos naturais onde elas ocorrem e sanadas as dúvidas relativas aos exercícios entregues no final da aula anterior.

#### 4.12 - 12ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 13/11/00 (2ª feira), nas turmas 201, 202 e 203. Nesta aula foi discutido o fenômeno de **polarização**. A categoria de atividade experimental realizada nesta aula foi de **simulação**. A seqüência de procedimentos adotados nesta aula foi a seguinte:

No início desta aula, fez-se a seguinte pergunta problematizadora à turma: *à noite, quando um carro passa pelo outro numa estrada, a luz dos faróis ofusca (“cega”) o motorista que dirige em sentido contrário, principalmente quando se está usando “luz alta” e isto pode provocar acidentes. Vocês conhecem alguma solução tecnológica que*

poderia ser usada para se evitar que a luz dos faróis dos automóveis ofuscassem os motoristas que dirigem à noite (ofuscar = impedir de ver)?

Esta pergunta serviu para atrair o interesse dos estudantes pelo assunto que seria discutido nesta aula. Alguns alunos já possuíam alguma noção do assunto, mas não uma compreensão muito clara do fenômeno de polarização. Alguns até citaram a propaganda de TV que mostra os óculos denominados “*night drive*”. Para esta pergunta, não se pediu que os grupos respondessem por estrito. Entretanto, no final da aula foi entregue uma lista com seis perguntas sobre as aplicações tecnológicas do fenômeno de polarização (anexo).

Os primeiros 20 minutos da aula foram utilizados para explicar a teoria relativa ao fenômeno de polarização. Como em todas as aulas anteriores, as representações esquemáticas, os desenhos e resumos foram apresentados no retroprojetor. Após esta discussão teórica, os estudantes assistiram a uma fita de vídeo que, além de explicações sobre o fenômeno de polarização, também apresentava suas aplicações tecnológicas. Esta fita de vídeo é a mesma que contém o assunto *ondas na água*, já citada anteriormente. A duração deste filme é de aproximadamente 12 minutos.

#### 4.13 - 13ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 14/11/00 (3ª feira), na turma 203 e no dia 16/11/00 (5ª feira), nas turmas 201 e 202. Nesta aula foi discutido o fenômeno de **difração**. A categoria de atividade experimental realizada nesta aula foi de **comprovação**. A seqüência de procedimentos adotados nesta aula foi a seguinte:

No início desta aula fez-se a seguinte pergunta problematizadora aos grupos: por que duas pessoas separadas por uma parede conseguem conversar (ondas sonoras), mas não conseguem se ver (ondas luminosas), se em ambos os casos o fenômeno envolvido é a propagação de ondas?

Para esta pergunta, a atividade experimental realizada foi a seguinte: fez-se a luz do LASER incidir na parede da sala de aula (parede voltada para o corredor) comentando que quem estivesse no corredor não veria a luz. Entretanto se o professor estivesse falando, quem estivesse no corredor conseguiria ouvir o som de sua voz. Cada grupo leu sua resposta para os demais grupos. As respostas dadas pelos grupos foram as seguintes:

- *“Porque ao contrário da luz o som se propaga num meio sólido, ou seja, a parede. Ao encontrá-la o som continua a se propagar, já a luz se reflete e não se propaga através do concreto.”*
- *“Porque o som ultrapassa coisas materiais e a luz não.”*
- *“A luz não ultrapassa a parede, pois ela só consegue se propagar em alguns meios físicos, já o som consegue se propagar através de todos os meios físicos.”*
- *“O som se propaga pela vibração das moléculas do ar, já a luz não, por isso o som consegue chegar do outro lado da parede.”*
- *“A parede não reflete a luz e também não a deixa passar. O som tem a capacidade de contornar o objeto e se reflete mais facilmente em qualquer meio físico.”*
- *“Porque a onda sonora consegue ultrapassar os orifícios da parede, já a luz não. A luz não tem força o bastante para ultrapassar a parede, quando ela é apontada para parede vai ter sempre um desvio, já a voz não tem desvio, você pode ouvi-la de qualquer lado (outro lado da parede).”*
- *“As ondas que a voz emite se espalham no espaço e as ondas que a luz do LASER emite sempre segue(sic) a direção para onde está apontando.”*
- *“O som passa porque ele se propaga no ar, já a luz não porque ela se propaga até onde foi projetada ou pára em uma barreira, como a parede.”*

- *“A parede não polariza o som porque é uma onda longitudinal por isso ele passa por ela, já a luz é polarizada pela parede, pois é uma onda transversal, por isso a luz não passa.”*
- *“Porque a luz não se propaga através de um meio material, mas o som sim.”*
- *“Porque o som é uma onda tridimensional e se propaga para todos os lados, já a onda luminosa se propaga sempre na mesma direção.”*

Concluída esta atividade, realizou-se outra experiência onde se procurou mostrar aos estudantes que a luz também pode contornar obstáculos, assim como o som. Nesta atividade experimental projetou-se o feixe de LASER na tela onde os estudantes perceberam apenas um ponto luminoso proveniente do LASER. Posteriormente, se interpôs entre o feixe de LASER e a tela uma fenda com abertura variável. Novamente, os estudantes só perceberam na tela a formação de um ponto luminoso. A seguir, começou-se a reduzir o tamanho da abertura da fenda. À medida que a abertura da fenda diminuía, a imagem projetada na tela começou a passar de um ponto para uma faixa horizontal (difração de Fraunhofer) onde aparecia na tela uma região central com um vermelho mais intenso, ladeada por regiões vermelhas e escuras, alternadamente, e que diminuía a intensidade à medida em que se afastava da região central.

Estas atividades experimentais permitiram aos estudantes visualizarem na tela a difração da luz do LASER, ou seja, que a luz, assim como o som, também pode contornar obstáculos desde que sejam atendidas determinadas condições.

Estas experiências possibilitaram realizar algumas discussões com os estudantes, relativas à propagação da luz, principalmente em relação a um dos princípios da Óptica Geométrica que afirma que a luz se propaga em linha reta - “Princípio da Propagação Retilínea da Luz”. Além disso, pode-se discutir o desvio que a luz sofre em sua trajetória ao passar próximo de corpos celestes de grandes massas (por exemplo, perto de *buracos negros*) e a incidência da luz em objetos cujas

dimensões possuem a mesma ordem de grandeza em relação ao seu comprimento de onda.

Em função destas discussões, o estudo teórico do fenômeno de difração foi desenvolvido na aula seguinte. Foram entregues no final da aula mais duas perguntas que envolviam questões relativas ao fenômeno de difração (anexo).

#### 4.14 - 14ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 20/11/00 (2ª feira), nas turmas 201, 202 e 203. Nesta aula, por meio de transparências, foi discutido o fenômeno da difração. Procurou-se mostrar que a propriedade que uma onda tem de contornar um obstáculo está associada à relação entre seu comprimento de onda e às dimensões do obstáculo que se encontra em seu caminho.

O ideal para discutir o fenômeno de difração seria realizar estas experiências em uma cuba de ondas. Como não se dispunha deste equipamento, fez-se uma simulação do fenômeno de difração em transparência onde se procurou mostrar detalhadamente as variáveis que interferem na difração.

Depois de discutida a teoria que envolve o fenômeno de difração e sanadas as dúvidas sobre as perguntas formuladas na aula anterior, fez-se a seguinte pergunta problematizadora aos grupos: por que, após uma pedra cair sobre a superfície da água de um lago a onda circular que se forma aumenta seu diâmetro à medida que se afasta do ponto onde foi gerada? Esta pergunta serviu de ponto de partida para discutir o *princípio de Huygens*. As respostas que os estudantes deram para a pergunta problematizadora foram as seguintes:

- *“Porque a onda mecânica se propaga até encontrar um obstáculo, em todas as direções, formando a circunferência.”*
- *“Pois ela possui uma energia em sua queda, na (sic) qual é transformada quando encontra um meio físico, com isso a energia*

*liberada se expande pela água formando ondas radiais que conforme sua distância do local de impacto e liberamento (sic) da energia da queda, diminui a amplitude da onda."*

- *"Porque quando a pedra entra em contato com a água as moléculas vibram, passando esta vibração para as outras moléculas que se encontram próximas e se propagam."*
- *"A energia se propaga do seu interior para o exterior, por todos os lados. A energia da pedra se transporta pelo lago formando ondas."*
- *"Porque a pedra provoca uma oscilação na água e faz com que ela produza ondas bidimensionais que tendem a ocupar todo o espaço que lhe é dado."*
- *"A pedra produz ondas que vão se propagando formando, cada vez mais ondas para todos os lados."*
- *"Quando a pedra é jogada na água ela ocupa o seu lugar naquele momento fazendo com que a água se expanda para todos os lugares formando ondas circulares."*
- *"Quando a pedra entra em contato com a água ela ocupa o espaço que antes era da água provocando ondas que se espalham ao redor da pedra em forma de círculo que sempre vão aumentando."*

O que se constatou é que a maioria dos grupos teve dificuldade em elaborar uma resposta para esta pergunta. Alguns grupos nem responderam, alegando não ter uma explicação. Muitas das respostas se limitaram, basicamente, a conceituar onda, com base no que aprenderam no início do estudo sobre ondas, ou seja, que a pedra produz uma perturbação na água e que esta se propaga através deste meio.

Após os grupos lerem suas respostas, seguindo o procedimento habitual foi apresentada, por meio de transparência, a representação esquemática do *princípio Huygens* e com ele procurou-se explicar a pergunta problematizadora. Para melhorar a compreensão deste fenômeno, usou-se o programa *Princípio de Huygens* da revista CD-ROM Escola.

#### 4.15 - 15ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 21/11/00 (3ª feira), na turma 203 e no dia 23/11/00 (5ª feira), nas turmas 201 e 202. No início desta aula fez-se a seguinte pergunta problematizadora aos estudantes: o som propaga-se melhor ao nível do mar ou em locais de grandes altitudes? Esta pergunta, relativamente fácil, foi usada para iniciar o estudo do fenômeno de **produção do som**. Nesta aula trabalhou-se basicamente a parte teórica do conteúdo sobre som. O conteúdo foi organizado em transparência, o que possibilitou a discussão de vários conceitos nesta aula.

A atividade experimental realizada nesta aula foi **comprovação**. Com uma mola plana de 20 cm de comprimento, procurou-se mostrar porque o som é considerado uma onda de pressão e como são geradas a compressão e rarefação do ar em torno da fonte (mola). Também ao se discutir a *altura do som*, usou-se a mola para caracterizar o *som agudo e o grave, em função da frequência de oscilação da mola*.

#### 4.16 - 16ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 27/11/00 (2ª feira), nas três turmas 201, 202 e 203. Nesta aula foram discutidas as ondas estacionárias em instrumentos musicais, mais especificamente nos instrumentos de corda, e sobre a quantidade de harmônicos que acompanham o som fundamental. Estes vão *definir a qualidade do som* conhecido por timbre. As categorias de atividades experimentais realizadas nesta aula foram de **compartilhamento**, **conflitiva** e de **simulação**. A seqüência de procedimentos adotados nesta aula foi a seguinte:

O gerador de ondas em corda foi montado e posto em funcionamento, da mesma forma como foi feito na 5ª aula onde, a partir da atividade experimental de problematização, se iniciou o estudo das ondas estacionárias. Com o gerador em funcionamento aproveitou-se para recapitular alguns assuntos já estudados como reflexão de uma corda com extremidade fixa, superposição, ondas estacionárias, ressonância e polarização. Posteriormente, antes de realizar qualquer atividade

experimental, perguntava-se aos estudantes como proceder para atingir determinados objetivos e só depois é que se realizava a experiência, para que eles pudessem comprovar se suas hipóteses estavam corretas ou não. As respostas dadas pelos estudantes não foram por escrito. Foi, apenas, apresentado um comentário geral sobre as mesmas.

Quando o gerador de ondas em corda estava em funcionamento, a onda estacionária por ele gerada possuía cinco ventres. Perguntou-se, então, como se poderia aumentar ou diminuir o número de ventres produzido pelo gerador?

A primeira resposta, comum a todas as turmas, é que se deveria alterar a velocidade de rotação (frequência) do gerador. Como consequência, o número de ventres produzidos na corda seria proporcional à frequência do motor. A experiência, entretanto, não demonstrou isto, pois ao se alterar a frequência do gerador não houve aumento nem diminuição do número de ventres gerados na corda. Como esta hipótese não ocorreu conforme o esperado pelos estudantes, solicitou-se que pensassem em outras alternativas. As sugestões que os estudantes deram, principalmente os mais interessados no assunto, foram as seguintes:

- *“Deveria ser aumentado o número pesinhos pendurados na corda do gerador” (ou seja, aumentar a tração no fio).*

Esta questão foi relativamente fácil de ser respondida devido a uma observação direta do funcionamento da experiência, pois para produzir as ondas estacionárias eram acrescentados pesos pendurados na corda. Portanto, aumentando-se a tração no fio, os alunos perceberam uma redução no número de ventres produzidos pelo gerador, o que confirmou sua hipótese. Resolvida esta questão, perguntou-se novamente aos estudantes se eles tinham outra sugestão de como aumentar ou diminuir o número de ventres no gerador. Esta questão também foi facilmente respondida, eles sugeriram que se deveria:

- *“aumentar ou diminuir o comprimento da corda”.*

A seguir, perguntou-se como eles procederiam para alterar o comprimento da corda. A resposta dada foi a seguinte:

- *“deveria ser deslocado o gerador ou o suporte onde se encontrava o peso, aumentando-se ou diminuído-se, desta forma, o comprimento da corda.”*

Portanto, deveria ser desmontado o gerador cada vez que se quisesse alterar o comprimento da corda. Foi-lhes mostrado que isto poderia ser feito de forma mais simples e eficiente, sem desmontar o gerador. Bastaria, de uma certa forma, aplicar o conhecimento sobre polarização, ou seja, a partir do gerador, colocar a corda entre dois dedos e afastá-los lentamente do gerador. À medida que vai se afastando do gerador (o comprimento da corda aumenta) aumenta o número de ventres. Com este procedimento mostrou-se que não havia a necessidade de desmontar o experimento para modificar o comprimento da corda, pois o que se fez, foi polarizar a onda.

Concluída esta atividade perguntou-se, novamente, se eles teriam outra sugestão de como alterar o número de ventres na corda. Neste último questionamento, as hipóteses apresentadas por eles pareciam esgotadas, pois não conseguiram exprimir mais nenhuma. Então foi dada a seguinte dica: no violão, supondo todas as cordas igualmente tracionadas, dedilhando uma por uma, o som que cada uma emite é o mesmo? Esta dica permitiu-lhes perceber que a “grossura” da corda seria mais um fator que influenciaria no número de ventres produzidos na corda do gerador de ondas. Assim, se mantivermos duas cordas igualmente tracionadas, com o mesmo comprimento (e o gerador trabalhando na mesma frequência em ambos os casos), o número de ventres gerados na corda será diferente, dependendo da corda que estiver sendo usada no gerador, ou seja, depende da densidade linear da corda.

Estes três fatores que influenciam na frequência de oscilação de uma corda foram obtidos de experiências qualitativas e estão sintetizados na equação de Lagrange apresentada no anexo. Com esta experiência, os estudantes puderam perceber que a frequência de vibração de uma corda depende do comprimento da corda ( $L$ ), da tração a

que ela está submetida ( $T$ ) e da densidade linear da corda ( $\mu$ ), ou seja, a massa ( $m$ ) por unidade de comprimento ( $L$ ).

Realizada esta atividade com o gerador, que não durou mais do que 20 minutos, fizeram-se mais duas perguntas problematizadoras:

- 1) Dois instrumentos musicais, um violino e um violoncelo, emitem a mesma nota musical, com a mesma altura e na mesma intensidade. Entretanto, mesmo sem os vermos, podemos identificar de qual instrumento provém o som. Por quê?
- 2) O Programa de computador da IBM, VIA VOICE, usado atualmente por pessoas, principalmente portadoras de deficiências físicas, pode ser acessado pelo reconhecimento da voz do seu usuário. Entretanto, outra pessoa pode dar o mesmo comando e o computador não reconhecer o comando. Por exemplo, o usuário pode dar o comando *meus documentos* e o computador obedecer. Entretanto, outra pessoa tentando imitar o dono do computador, pode dar o mesmo comando ao computador *meus documentos* e, no entanto, ele não obedece. Por que este programa de computador tem dificuldade de reconhecer o mesmo comando emitido por duas pessoas diferentes?

Para estas duas perguntas, alguns alunos já tinham uma noção sobre o assunto. Para a primeira pergunta, os alunos que tocavam algum instrumento musical tinham ouvido falar que esta “característica” dos instrumentos musicais estava relacionada ao timbre. Porém, tiveram dificuldade em explicar o que era timbre. Da mesma forma, em relação à segunda pergunta, vários alunos que lidam com computador já conheciam ou tinham ouvido falar a respeito deste programa e sabiam que ele não reconhecia a voz da pessoa que lhe desse o comando pela primeira vez. Entendiam que para o programa de computador reconhecer a voz de uma pessoa, ela teria primeiro que ler um texto durante um certo intervalo de tempo para que o computador “memorizasse sua voz”. O que os estudantes sabiam é que:

- *“cada pessoa tem uma voz diferente, por isso o computador tinha dificuldade em reconhecer a voz de quem ele não tivesse armazenado (ou gravado) em sua memória. Por este motivo ele não obedecia.”*

Para explicar estas duas perguntas e outros comentários que foram feitos sobre aplicações tecnológicas envolvendo o timbre, procedeu-se da seguinte forma: primeiro apresentou-se uma representação esquemática, com o uso do retroprojetor, onde se procurou mostrar que o timbre da voz humana, por exemplo, era o resultado da superposição de várias ondas (vários harmônicos). Esta representação esquemática consta no anexo.

Comentou-se com os estudantes que com o retroprojetor havia-se demonstrado uma representação estática do timbre e que a seguir, faria-se uma experiência de simulação em computador, onde se poderia observar o formato que uma onda adquiriria quando superpuséssemos mais de um harmônico. Este programa de simulação permite perceber o formato da onda com até 10 harmônicos. Novamente, usou-se o programa *Harmônicos* da revista CD-ROM Escola. Esta experiência de simulação e os comentários feitos em torno dela possibilitaram aos estudantes compreender melhor as duas questões problematizadoras apresentadas inicialmente.

Não houve tempo para recolher por escrito as respostas que os estudantes teriam dado para as duas questões problematizadoras que se fez inicialmente. Entretanto, quando já havia terminado a aula, como sempre ocorreu, um grupo pequeno, em torno de seis alunos, aqueles interessados em fazer uma faculdade onde a Física é uma disciplina básica para as profissões que eles pretendem seguir, ficava discutindo sobre a experiência realizada na aula e quando questionados se haviam entendido a teoria associada à experiência realizada, suas respostas eram afirmativas. Contudo, deve-se levar em consideração que estes alunos sempre estavam interessados pelos assuntos discutidos.

Em relação à experiência de simulação no computador, este grupo considerou que as experiências esclareciam as questões problematizadoras. A opinião deste grupo pode ser sintetizada abaixo

- *“Foi possível entender, por exemplo, porque o computador só reconhece a voz que ele memorizou. Isto ocorre porque a voz de cada pessoa tem um formato de onda específico, assim como uma impressão digital, não tem duas iguais., Portanto, se ele não tiver armazenado em sua memória o formato de onda da voz do seu usuário ele não atende.”*

Uma pergunta feita por vários estudantes, nas três turmas foi a seguinte:

- *“se a pessoa estiver gripada ou rouca, o computador conseguirá reconhecer a voz do seu usuário?”*

Em vez de respondê-la imediatamente, sugeriu-se aos estudantes interessados que procurassem entrar em contato com pessoas que trabalham com o programa VIA VOICE ou pessoas que tivessem telefone celular que atendessem somente pelo comando da voz de seu usuário e fizessem esta pergunta a eles, trazendo a resposta para os colegas.

Esta foi a última atividade deste trabalho, pois aqui encerrou o período letivo com aulas normais. Após a realização da próxima prova , os estudantes que tivessem passado por média entrariam em férias. Todas as atividades foram planejadas para serem aplicadas em 17 aulas incluindo duas provas, pois este era o número de aulas que se dispunha para o 4º bimestre. No dia 30/11/00 (quinta-feira) encerrou-se, oficialmente, na escola, o período letivo.

#### 4.17 - 17ª AULA

Esta atividade foi realizada no dia 28/11/00 (3ª feira), na turma 203 e no dia 30/11/00 (5ª feira), nas turmas 201 e 202. Este foi o último dia efetivo de aula do 4º bimestre para estas turmas e foram realizadas provas nas três turmas. Na prova constava todo o conteúdo desenvolvido neste bimestre sobre ondas. No 4º bimestre foram realizadas duas avaliações: as respostas que os grupos deram para as questões problematizadoras e os exercícios que os grupos tiveram que pesquisar sobre aplicações do conteúdo desenvolvido. Estes exercícios constam no anexo. Não constam no anexo os exercícios do livro.

Nesta última prova do bimestre predominaram questões qualitativas e os estudantes eram dispensados após seu término. Antes de se iniciar a prova, os estudantes que conseguiram a resposta para a questão formulada na aula anterior, explicaram-na, rapidamente, para seus colegas. Após o término da prova, alguns estudantes permaneceram em sala de aula para discutir sobre a questão que eles haviam pesquisado.

## 5. Considerações sobre a aplicação do “Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista”

Busca-se destacar aqui alguns fatos que ocorreram no transcorrer da realização deste trabalho em sala de aula e que se julga relevante para quem pretende realizar um trabalho semelhante. Assim, poderá antecipar-se a estes fatos e constatar se foram questões que ocorreram isoladamente nesta escola ou se é algo que é comum também a estudantes de outras escolas.

Em geral, as respostas que os estudantes dão são muito diferentes da que a Física adota em suas explicações para um dado fenômeno. Quando alguns grupos davam suas respostas, sem estarem preocupados que elas fossem “científicas”, mas como eles as compreendiam, em função de suas bagagens culturais, elas eram mais originais, ricas em detalhes, engenhosamente elaboradas, semelhantes às encontradas na História das Ciências.

Quando se solicitava que os estudantes respondessem oralmente ou por escrito a uma pergunta problematizadora, percebeu-se, depois de um certo tempo, que na primeira turma onde eram exploradas as concepções prévias dos estudantes, elas “fluiam espontaneamente”. Nas 2ª e 3ª turmas, alguns estudantes davam respostas não mais baseadas no senso comum, mas de acordo com conhecimento científico. Isto ocorreu porque alguns alunos iam consultar os seus colegas das outras turmas para saber qual foi a pergunta ou experiência que foi feita na sua aula e, assim, quando fosse a sua vez, eles já saberiam a resposta. Este tipo de atitude não se justificava em termos de melhoria de nota, a não ser por uma questão de satisfação pessoal.

Um procedimento que se procurou adotar para contornar este tipo de problema foi o seguinte: no dia em que havia aula nas três turmas (2ª feira), realizava-se a problematização, quer partindo de uma pergunta ou de uma atividade experimental e na aula seguinte, era desenvolvida a teoria para que compreendessem a questão problematizada e outras perguntas que também eram formuladas.

Quando se realizava uma problematização, partindo de uma atividade experimental, onde os estudantes deveriam dar suas respostas por escrito, percebeu-se que eles começavam a fazer perguntas para sondar a resposta do professor e, a partir de então, elaborarem suas respostas. Alguns grupos também procuravam fazer adaptações de respostas de outros grupos com alunos que se sobressaíam na disciplina de Física, uma espécie de cola.

Percebeu-se, contudo, no decorrer deste trabalho, que nem todos os estudantes participaram ativamente de todas as atividades. Em algumas participaram mais e em outras demonstraram pouco interesse, principalmente nas aulas onde se discutiam questões teóricas. A problematização, quer através de perguntas ou de atividades experimentais, ao contrário, sempre despertou o interesse da maioria dos estudantes, inclusive dos que não gostavam muito das aulas teóricas.

Os estudantes que apresentavam interesse pela Física e para os quais essa disciplina seria básica para a faculdade que pretendiam fazer, participavam ativamente. Entretanto, estudantes que aparentemente não demonstravam muito interesse por Física, mostraram-se bastante atentos quando o assunto era do seu interesse ou quando eram realizadas atividades experimentais. Exemplos destes interesses foram percebidos em várias atividades, por exemplo:

Quando se formulou a pergunta problematizadora "por que as ondas quebram ao atingir a praia" e foi-lhes apresentado um filme que tratava de ondas na água, os estudantes que praticavam surf foram os que demonstraram bastante interesse pelo assunto, participando mais do que o faziam em outras situações.

Quando se discutiram questões referentes ao fenômeno de ressonância e acústica, estudantes que participavam como componentes de conjuntos musicais não só se interessaram mais pelo assunto como também se prontificaram a trazer objetos pessoais para complementarem a aula, como metrônomo e afinador eletrônico para instrumentos musicais, mostrando para seus colegas como funcionavam.

Em experiências com as ondas estacionárias geradas em cordas, aparelho de ressonância e outras que foram realizadas, percebeu-se que todos os estudantes ficaram atentos, curiosos e intrigados com o que estavam vendo. Era inevitável que eles fizessem a seguinte pergunta: *por que isto acontece?*

Algo que se pôde constatar em relação às respostas que os estudantes passaram a dar (concepções prévias) à medida que iam adquirindo conhecimentos sobre os fenômenos relacionados com as ondas (conceitos, exemplos, etc.) é que eles começaram a “evoluir”, ou seja, passaram a incorporar em suas novas explicações, conceitos, termos específicos do assunto já estudado para explicar novos desafios que lhes eram apresentados. Um exemplo disto pode ser constatado na 13ª aula onde o professor fez a seguinte problematização:

Fez-se a luz do LASER incidir na parede da sala de aula (parede voltada para o corredor) comentando que quem estivesse no corredor não veria a luz. Entretanto se o professor estivesse falando, quem estivesse no corredor conseguiria ouvir o som de sua voz. Por que isto ocorria, se em ambos os casos o fenômeno envolvido era a propagação de ondas? A resposta dada por um dos grupos foi a seguinte:

- *“A parede não polariza o som porque é uma onda longitudinal por isso ele passa por ela, já a luz é polarizada pela parede, pois é uma onda transversal, por isso a luz não passa.”*

Esta resposta evidencia a incorporação em sua bagagem cultural de conceitos (polarização) que até então não dispunha, ainda que aplicados incorretamente para o fenômeno em estudo. Certamente se esta pergunta fosse feita antes da 13ª aula, haveria outro tipo de explicação para esta questão problematizadora.

Quanto às respostas que os grupos davam por escrito, referentes às questões problematizadoras, constatou-se o seguinte: nos primeiros 45 dias de aula, aproximadamente, havia um grande empenho dos grupos em responder às perguntas propostas e nas duas últimas semanas de aula este empenho começou a declinar.

Entretanto, oralmente eles ainda continuavam a responder às questões problematizadoras como fizeram desde o início. Exceções à regra eram os estudantes que tinham interesse pela disciplina de Física e os que estudavam com afinco para todas as disciplinas. Para este comportamento duas causas foram detectadas em conversas restritas com estudantes cujo empenho havia decaído: o cansaço do final de ano, pois é um período de muitas provas e em alguns casos têm-se que estudar mais para as disciplinas com insuficiência de nota. Outra colocação que se julga até mais significativa em relação à aplicação deste trabalho foi que, alguns estudantes com os quais se teve a oportunidade de conversar em particular, consideraram que responder por escrito as perguntas que lhes eram formuladas tornou-se algo cansativo. Poderia ser simplesmente respondido oralmente como era feito anteriormente, e até se poderia ganhar mais tempo para fazer outras experiências.

Além das atividades experimentais realizadas em sala de aula, foram realizadas duas experiências de simulação com o uso do computador, já comentadas na 5ª e 16ª aulas (experiências qualitativas). Com base nestes experimentos perguntou-se aos estudantes (em torno de 22 no total)<sup>3</sup> o seguinte: se vocês tivessem que ver a experiência sobre geração de ondas estacionárias em corda usando o *gerador de ondas* ou a *simulação em computador*, por quais vocês optariam?

Considerando que a escola onde foi executado este trabalho é da rede particular de ensino e dispõe de sala de computação e, ainda, muitos dos estudantes destas três turmas possuem computador em suas residências, principalmente os 22 entrevistados, foi surpreendente quando todos os entrevistados responderam que preferiram a experiência com o gerador de ondas. Eles justificaram suas respostas argumentando que:

- “no computador ficava meio artificial, que não era a mesma coisa que ver na prática...”

---

<sup>3</sup>Esse número mais reduzido se deve ao fato de se tratarem de alunos mais interessados pela disciplina de Física

- *"... as figuras de ondas eles já tinham visto no computador, mas não tinham idéia de como elas eram produzidas".*

Era de se esperar que, sendo uma geração voltada para as imagens digitalizadas, demonstrassem mais interesse pela experiência de simulação no computador do que pela experiência com material concreto. Isto não significa que estas não sejam importantes e de interesse dos estudantes. Alguns estudantes fizeram o seguinte comentário:

- *"O desenho de ondas, como as produzidas na mola helicoidal (onda transversal), a gente vê com mais freqüência no computador e até na televisão, mas este tipo de experiência em que a gente vê como é feito, só pode ser visto em sala de aula. No computador a gente vê a onda na tela, mas não tem a mínima idéia de como ela foi feita e agora a gente já sabe."*

Após aplicar este *Roteiro de Experimentos de Física numa Perspectiva Construtivista*, comentam-se, abaixo, alguns resultados que se obteve e que se julga serem importantes para os professores ao realizarem uma atividade experimental, quer seja em sala de aula ou num laboratório didático convencional.

1) O professor deve deixar claro aos estudantes quais são seus objetivos ao realizar uma atividade experimental, ou seja, o que ele pretende obter com a experiência. Percebeu-se, em determinadas situações, que quando o objetivo não era explicitado de antemão, ocorria um desencontro entre o que o professor pretendia com a experiência e aquilo que o estudante imaginava ser o propósito da experiência. Esta situação ocorreu apenas no início das atividades, pois uma vez detectado o inconveniente, procurou-se deixar explícitos os objetivos a serem atingidos.

2) Perscrutar o que os estudantes entenderam ou pensam ter entendido de uma atividade experimental, acredita-se que seja a forma mais segura de verificar se está ocorrendo consonância entre o objetivo do professor e o que os estudantes estão entendendo. Porém, isto nem sempre ocorre. É necessário, pois, que o professor os

questione, solicitando-lhes respostas por escrito ou oralmente. A partir daí é que o professor poderá ter um referencial se seus objetivos estão ou não sendo atingidos.

3) Conhecer as concepções prévias dos estudantes fornece farto material para ser discutido em sala, pois elas são o ponto de partida para se tentar construir o conhecimento e através da argumentação e contra-exemplos, mostrar aos estudantes sua inconsistência. Ao colocá-las em xeque, o professor tem possibilidade de estimular os estudantes a reformularem suas respostas, induzindo-os ao conhecimento socialmente construído pela ciência, em particular a Física.

O que se percebeu é que a motivação dos estudantes por determinados conteúdos ocorria porque se tratava de um assunto que era de seu interesse e isto os motivava a participar ativamente. O mesmo não ocorria com conteúdos que para eles não eram julgados importantes, pelo menos naquele momento em que estava sendo tratado ou da forma como estava sendo abordado. Ou, ainda, experiências cuja compreensão desafiasse seus conhecimentos, com um certo ar de "magia" ou paranormalidade, despertavam mais a curiosidade e interesse da turma do que experiências onde se levantam dados ou constróem-se tabelas

Em conversa com a professora de Biologia, ela fez o mesmo comentário, ou seja, os estudantes que têm interesse em fazer faculdade onde a Biologia é disciplina básica como Medicina, Enfermagem, quando vão para o Laboratório de Biologia são os mais interessados e participativos nas atividades propostas. Os que não têm interesse nestas profissões o fazem por obrigação e não participam das atividades que lhes são propostas, da mesma forma como ocorreu em Física.

Foi-lhes perguntado no final deste trabalho o que mais gostaram e o que menos gostaram entre as atividades realizadas neste bimestre. Eles consideraram que o melhor das aulas foram as atividades experimentais.

Outro aspecto que eles consideraram importante é que os conteúdos, representações gráficas e desenhos foram apresentados em transparência o lhes

possibilitava uma maior concentração na explicação. Outra consideração importante constatada por eles foi o fato de todo o conteúdo se encontrar à disposição para ser fotocopiado, caso não pudessem comparecer à aula. Alguns estudantes que possuem computador, sugeriram ao professor que gravasse o conteúdo num disquete, uma vez que todas as aulas foram organizadas no computador. Foi feita uma cópia e entregue para um estudante que se responsabilizou pelo disquete e as cópias aos interessados.

Registraram como fator negativo o fato de terem que responder por escrito às perguntas que lhes eram formuladas. Prefeririam dar as respostas oralmente. Desta forma, muitos estudantes reconheceram o quanto era difícil colocar no papel suas idéias e que este tipo de atividade se constituía quase como fazer redação nas aulas de Português.

A ênfase curricular, "ciência do cotidiano", foi interessante na perspectiva dos estudantes. Não que esta concepção teórica fosse discutida em sala de aula, mas porque em todos temas discutidos, os conceitos fundamentais de Física permitiram aos estudantes perceber sua aplicação para a compreensão de tecnologias e fenômenos da natureza. Com um mínimo de conceitos, tentou-se mostrar-lhes que poderiam explicar ou compreender diversos aspectos da tecnologia ou de fenômenos naturais. Em exemplos que constam na aplicação deste trabalho em sala de aula, foram evidenciados aos estudantes fenômenos ou equipamentos que aparentemente não apresentam nenhuma relação entre si e que, entretanto, eram regidos pelos mesmos princípios físicos.

Em raros momentos, onde se ia discutir um fenômeno ondulatório, surgiram as perguntas clássicas: *mas para que serve isto?, onde isto ocorre na prática?* Quando estas perguntas surgiram foram imediatamente respondidas e este tipo clássico de pergunta só surgiu numa atividade experimental realizada logo no início deste trabalho. Posteriormente, este tipo de pergunta perdeu o sentido, pois todas as atividades eram relacionadas a aplicações tecnológicas ou a explicações de fenômenos naturais, que de certa forma eram conhecidos ou passaram a ser conhecidos pelos estudantes.

Em relação a esta forma de encaminhar o conteúdo e às opiniões que os estudantes expressaram ao longo de sua implementação, perceberam-se mais aspectos positivos do que negativos. Para sua aplicação no ano seguinte pretende-se, na medida do possível, introduzir outras perguntas problematizadoras e atividades experimentais, pois os resultados obtidos se mostraram bastante recompensadores e justificaram o empenho na elaboração deste trabalho.

## ANEXOS

TABELA A	
TURMA:	GRUPO:
DATA: 28 / 09 / 2000	
N <sup>o</sup>	NOME
Pesquisar 20 instrumentos e/ou aparelhos que produzam ou envolvam em seu funcionamento o fenômeno ondulatório (ondas).	
01)	11)
02)	12)
03)	13)
04)	14)
05)	15)
06)	16)
07)	17)
08)	18)
09)	19)
10)	20)

Trazer um jogo de dominó (28 peças). Um jogo por grupo.

$d = \dots\dots\dots$

$\Delta t = \dots\dots\dots$

$v = \dots\dots\dots$

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

$d \rightarrow$  Distância entre a primeira e a última pedra de dominó. Medir em **cm**.

$\Delta t \rightarrow$  Intervalo de tempo para a queda de todas as pedras do dominó. Medir em **s**.

$V \rightarrow$  Velocidade de queda de todas as pedras de dominó. Medir em **cm/s** ou **número de pedras por segundo**.

TABELA B

TURMA: GRUPO: DATA: 09 / 10 / 2000

N<sup>o</sup> NOMEN<sup>o</sup> NOMEN<sup>o</sup> NOMEN<sup>o</sup> NOMEN<sup>o</sup> NOME

Quanto à natureza, as ondas classificam-se em **mecânicas** e **eletromagnéticas**. Colocar na coluna da esquerda 10 instrumentos e/ou aparelhos que envolvam em seu funcionamento ondas mecânicas e na coluna da direita 10 instrumentos e/ou aparelhos que envolvam em seu funcionamento ondas eletromagnéticas.

ONDAS MECÂNICAS

ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

01)

01)

02)

02)

03)

03)

04)

04)

05)

05)

06)

06)

07)

07)

08)

08)

09)

09)

10)

10)

Quanto à direção de vibração as ondas classificam-se em **transversais** e **longitudinais**. Coloque na coluna da esquerda, instrumentos e/ou aparelhos que envolvam ondas **transversais** e na coluna da direita instrumentos e/ou aparelhos que envolvam ondas **longitudinais**.

ONDAS TRANSVERSAIS

ONDAS LONGITUDINAIS

01)

01)

02)

02)

03)

03)

04)

04)

05)

05)

## 6.2 QUESTÕES PROBLEMATIZADORAS

Questões que foram discutidas durante a problematização, tanto na forma de perguntas como em situações apresentadas na forma de atividades experimentais.

1. Mas afinal o que é uma onda?
2. Qual a velocidade com que a perturbação provocada na primeira pedra se propaga até atingir a última pedra (em cm/s)? Qual o número de pedras que cai por segundo?
3. Qual o objetivo de realizar esta atividade experimental com as pedras de dominó?

### ONDAS NA SUPERFÍCIE DA ÁGUA

1. No mar, as ondas se propagam mais rapidamente na região mais profunda ou mais rasa?
2. Por que as ondas “quebram” na praia?
3. Qual ou quais os agentes responsáveis pela formação das ondas no mar?
4. As ondas geradas na água (simulação feita em laboratório), mostradas no filme “ondas na superfície da água”, mostram que estas ondas são longitudinais, transversais ou mistas?

### ONDAS ESTACIONÁRIAS

1. Façam uma previsão (formular uma hipótese) do que ocorreria, com a “aparência” da onda, se seus colegas conseguissem oscilar a corda sempre com a mesma frequência e amplitude.
2. Explique porque quando o gerador de ondas em corda entra em movimento a corda adquire a “aparência” percebida.

## REFRAÇÃO

1. Por que quando a luz incide perpendicularmente na superfície da água ela não sofre desvio, mas sofre desvios quando incide obliquamente?
2. Por que a velocidade da luz diminui ao entrar na água?
3. A luz do LASER é invisível quando atravessa o ar ou a água pura. O que podemos fazer para torná-la visível ao passar por estes meios?

## SUPERPOSIÇÃO DE ONDAS

1. Podem dois corpos ocupar, ao mesmo tempo, um mesmo lugar no espaço? Será que isto é válido para as ondas? Como?
2. Som + som pode produzir silêncio?
3. Luz + luz pode produzir escuridão?
4. O que ocorreria se duas ondas com as mesmas características, mas em oposição de fase, atingissem simultaneamente o mesmo ponto? Isto teria alguma aplicação tecnológica?

## RESSONÂNCIA

1. Quando batemos no diapasão ele começa vibrar emitindo um som. Outro diapasão que se encontra próximo, também começa a emitir um som. Por que isto ocorre? Quando substituímos este diapasão por outro e repetimos o mesmo procedimento. Este outro diapasão não emite som, por quê?
2. Dizem que certos cantores de ópera são capazes de quebrar um copo de cristal ao emitir uma nota musical. Explique como isto seria possível.
3. Explique porque quando uma das molas grande (com peso) é posta a vibrar a outra com peso também começa a vibrar, mas a mola sem peso na extremidade não vibra. Por que quando uma mola para de vibrar a outra recomeça e assim sucessivamente?
4. Por que no gerador de ondas em corda, em determinadas "velocidades de rotação" da polia formam-se ondas estacionárias com 1,2,3, ... ventres e em

determinas "velocidades de rotação" não se formam ventres e a onda produzida "aparenta" constituir-se de uma mistura de ondas?

4. Por que o forno de microondas esquenta a água, mas não esquenta o copo?
5. Por que conseguimos sintonizar uma emissora de rádio?

## POLARIZAÇÃO

1. As ondas sonoras podem ser polarizadas?
2. Por que as antenas de TV são montadas horizontalmente?
3. A luz emitida por uma lâmpada comum é polarizada?
4. O gerador de ondas em corda foi projetado para produzir ondas transversais que vivessem somente no plano vertical. Entretanto, constatou-se que em funcionamento ele apresentava um problema de ordem técnica, ou seja, ele vibrava não só no plano vertical, mas também no plano horizontal. Na realidade, a onda transversal vibrava do plano vertical para o horizontal e vice-versa. Analise o gerador e proponha uma solução que faça com que a onda transversal produzida na corda vibre somente no plano vertical.

Na impossibilidade de mexer no gerador que outra alternativa você proporia?

5. Um engenheiro mecânico ao projetar um gancho para um guindaste ou um engenheiro civil ao projetar uma ponte, pode determinar qual parte do gancho ou da ponte que ficará submetido a maiores tensões mecânicas e conseqüentemente quebrar. Neste caso ele pode reforçar ou modificar seu projeto. Como é possível visualizar na ponte ou no gancho o local em que existe maior probabilidade de ruptura?
6. À noite, quando um carro passa pelo outro numa estrada, a luz dos faróis ofusca ("cega") o motorista que dirige em sentido contrário, principalmente quando se está usando "luz alta". Isto pode provocar acidentes... Que solução tecnológica poderia ser usada para evitar que a luz dos faróis dos automóveis ofuscasse os motoristas que dirigem a noite (ofuscar = Impedir de ver).

## DIFRAÇÃO

1. Por que duas pessoas separadas por uma parede conseguem conversar (ondas sonoras), mas não conseguem se ver (ondas luminosas), se em ambos os casos o fenômeno envolvido é a propagação de ondas?
2. Por que as emissoras (repetidora) de TV necessitam antenas em cima dos morros?
3. Nas figuras 1, 2 e 3, qual o comportamento das ondas após atravessarem a fenda? Faça um desenho mostrando o que ocorre com as ondas após atravessarem o orifício.
4. Por que, após uma pedra cair sobre a superfície da água de um lago a onda circular que se forma aumenta seu diâmetro à medida que se afasta do ponto onde foi gerada?

## ONDAS SONORAS

01. O que é o som?
02. E como ele é gerado?
03. Por que o som é considerado uma onda de pressão?
04. Qual o mecanismo pelo qual percebemos o som?
05. O ultra-som e o infra-som são considerados sons?
06. O som propaga-se em todos os meios?
07. Ele propaga-se sempre com a mesma velocidade?
09. Onde o som se propaga melhor: ao nível do mar ou numa região de grande altitude?
10. Por que o som não se propaga no vácuo?
11. O simples fato da corda de um violão taca vibrar é o suficiente para que percebamos o som que ela está gerando?
12. O que se entende por Qualidades fisiológicas do som?
13. O som é uma onda longitudinal ou transversal?
14. O som é uma onda uni, bi ou tridimensional?
15. A onda sonora pode ser polarizada?

### 6.3 CONSTRUÇÃO DE UM GERADOR DE ONDAS EM CORDAS

Em geral, o estudo das ondas estacionárias é realizado apenas teoricamente, pois as escolas não dispõem de geradores de ondas estacionárias em cordas. Alguns dos geradores que pesquisei são de montagem demorada e complexa o que dificulta o seu uso, a não ser que escola disponha de laboratório e que o professor disponha de tempo para montar previamente o experimento. Outro fator a ser considerado é que estes equipamentos são caros e para seu funcionamento necessitam de outros equipamentos como, por exemplo, fontes de alimentação, geradores de áudio, diapásões elétricos, etc.

Em face das dificuldades acima mencionadas construí, para ser usado nestas atividades, um gerador de ondas em cordas com as seguintes características: baixo custo (construído com "sucata"), fácil manuseio, transporte e montagem (pode ser feito na própria sala de aula), etc.

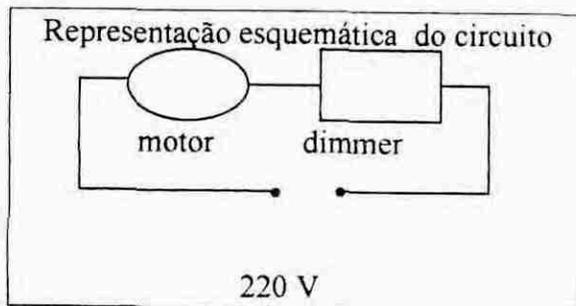
A construção deste gerador de ondas em corda é bastante simples e algumas de suas peças podem ser retiradas de aparelhos elétricos que estão fora de uso. As partes básicas deste aparelho são:

Um motor elétrico. Neste gerador de ondas foi usado o motor elétrico retirado de uma secadora de roupas. Por ser um motorzinho de 220 V, ele pode ser ligado diretamente na rede elétrica sem a necessidade de transformadores. Também poderia ser o motor de uma furadeira (não há necessidade de desmontá-la), de um liquidificador, de uma máquina de costura, etc.

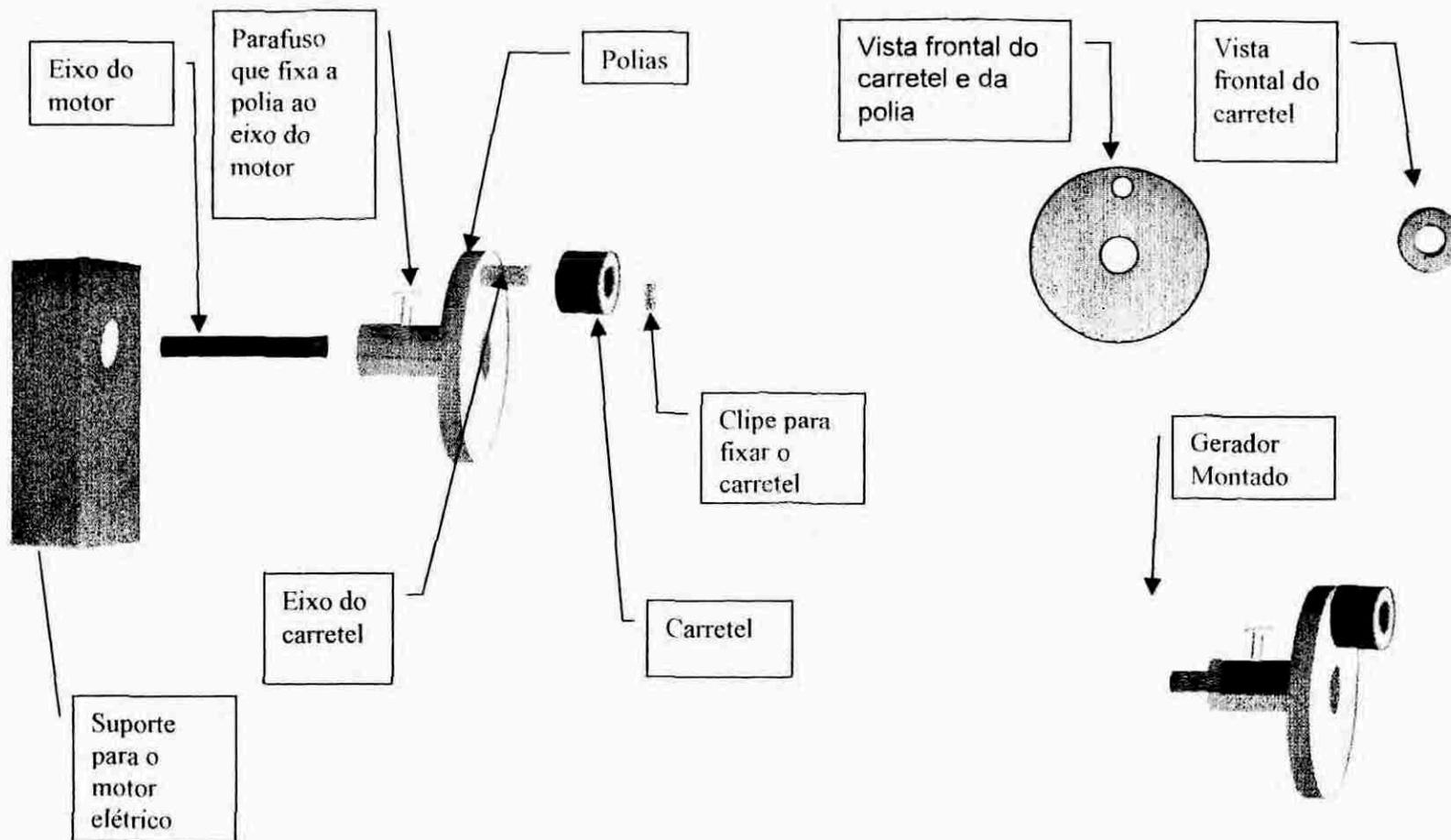
Um dimmer. É encontrado em lojas que vendem materiais elétricos. É usado para controlar a luminosidade da lâmpada de um quarto ou a velocidade de rotação de um ventilador de teto. O dimmer será usado para controlar a velocidade de rotação do motor elétrico do gerador de ondas. Quando for comprar o dimmer o cuidado que deve ter é o seguinte: a potência do dimmer deve ser maior do que a potência do motor elétrico que será usado. O dimmer deve ser ligado em série com o motor elétrico.

Um pequeno carretel acoplado excentricamente a uma polia. Por sua vez, a polia é adaptada ao eixo do motor elétrico. Esta peça é que, e em essência, produzirá a onda. Dependendo da excentricidade do centro do carretel em relação ao centro da polia, serão geradas, ondas de maior ou menores amplitudes. Para quem não dispõe de oficina para construir esta peça é aconselhável que mande fazê-la numa oficina de tornearia, pois ela é a peça essencial para o bom funcionamento do gerador. O carretel é onde o cordão é encaixado. Este carretel é aproximadamente 5 vezes menor que a polia.

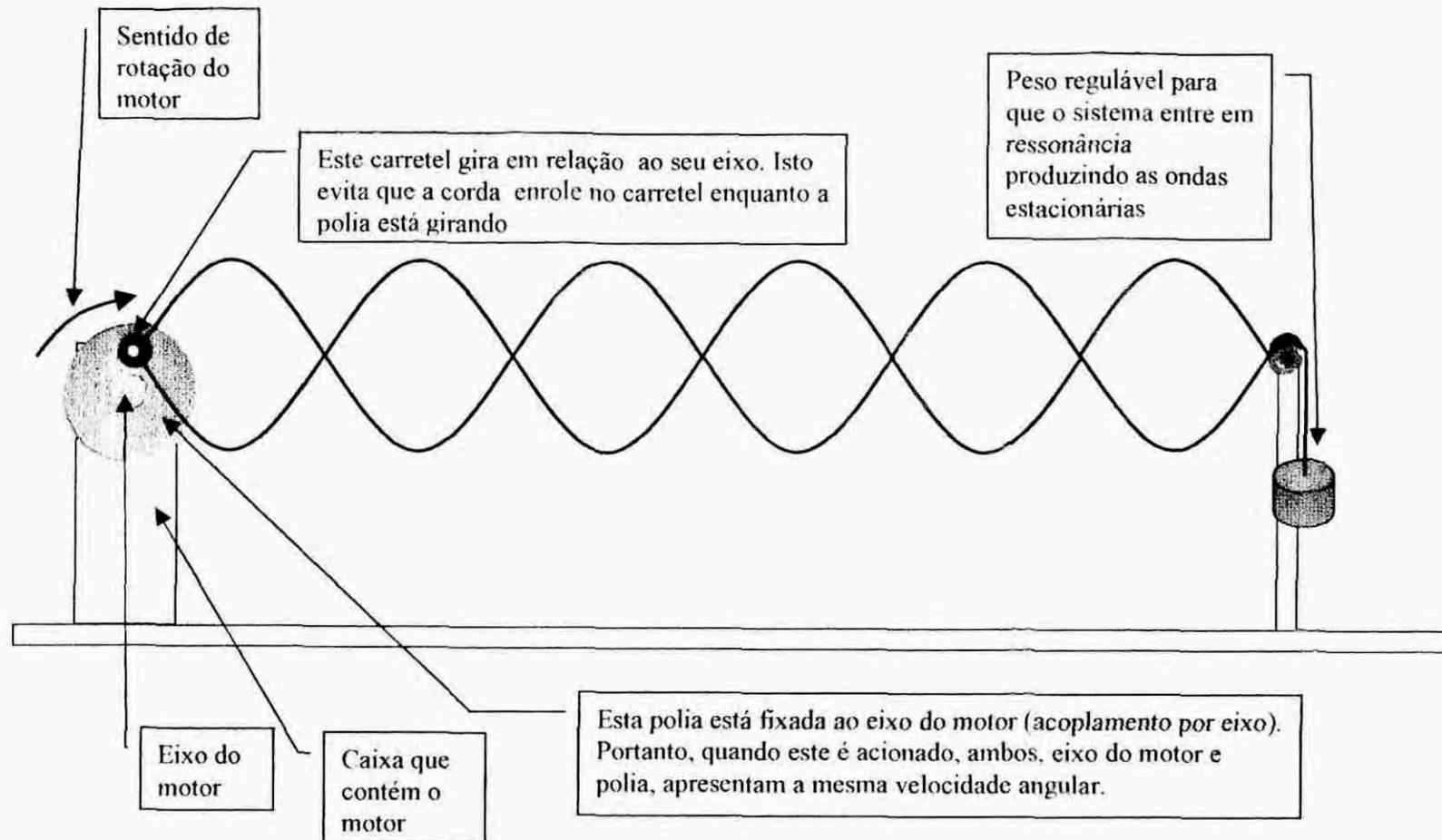
Estas são as três partes básicas do gerador, os outros componentes cada professor pode adaptar em função do que ele dispõe na escola ou em sua própria residência. O cordão onde se geraram as ondas foi um elástico cilíndrico, mas poderia ser usado outro tipo de cordão. Estes elásticos, com diâmetros variados, podem ser encontrados em lojas de armarinho. Para distender o cordão, neste gerador, uso-se objetos de massa entre 100 g e 200 g.



## DESENHO DO GERADOR E SEUS COMPONENTES



## GERADOR VISTO DE FRENTE



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, B & MÁXIMO, A. **Curso de física**. Vol. 2. São Paulo : Scipione, 2000.
- AMALDI, U. **Imagens da física**. Vol. Único. São Paulo : Scipione, 1995.
- BLACKWOOD, O. H.; HERRON, W. B. & KELLY, W. C. **Física na escola secundária**. Brasília : Programa de Emergência, MEC, 1962.
- BONJORNO et alii. **Temas de física**. Vol 2. São Paulo : FTD, 1997.
- CHIQUETTO, M. J. & PARADA, A. A. **Física**. Vol. 2. SÃO PAULO : Scipione, 1992.
- CHIQUETTO, M. J; VALENTIM, B. & PAGLIARI, E. **Aprendendo física**. Vol. 2. SÃO PAULO : Scipione, 1996.
- DELIZOICOV, D & ANGOTTI, J. A. P. **Física**. São Paulo : Cortez, 1991.
- DELIZOICOV, D. & ANGOTTI, J. A. P. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo : Cortez, 1990.
- DELL'ARCIPRETE, **Física**. Vol. 2. São Paulo : Ática, 1982.
- FERREIRA, N. C. & PIASSI, L. P. C. **Projeto Interage**. CD-ROM Escola, São Paulo, Vol. 1. Europa, 2000.
- GONÇALVES FILHO, A. & TOSCANO, C. **Física e realidade**. Vol. 2. São Paulo : Editora Scipione, 1997.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo. Atlas, 1991.
- GRUPO de Reelaboração do Ensino de Física - GREF**. 2ª edição, São Paulo. Universidade de São Paulo, 1995.
- MACEDO, H. **Dicionário de física**. Rio de Janeiro. Nova Fronteira, 1976.
- MAIZTEGUI, A. P. & SABATO, J. A. **Física**. Vol. 1 e 2. Porto Alegre : Globo, 1973.
- MORETTO, V. P. **Física hoje**. Vol. 2. São Paulo : Ática, 1989.
- PARANÁ, D. N. S. **Física**. Vol. 2. São Paulo : Ática, 1998.
- PHYSICAL science study committee – PSSC**. 7ª edição, São Paulo, 1981. Edart – Livraria Editora Ltda (parte II : Óptica e Ondas).

- PINHEIRO, T. F. **Aproximação entre a ciência do aluno na sala de aula da 1ª série do 2º e a ciência dos cientistas : uma discussão.** Dissertação de Mestrado. CED/UFSC. Florianópolis, SC. 1996.
- PINHO ALVES, J. F. **Atividades experimentais. Do método a prática construtivista.** Tese de Doutorado. CED/UFSC. Florianópolis, SC. 2000.
- PINHO ALVES, J. F. **Licenciatura em física da UFSC : Análise a luz do referencial de Eisner e Vallance,** UFSC, Florianópolis, SC. 1990.
- PINHO ALVES, J. F. **Atividades experimentais : Um instrumento de ensino.** Texto mimeo. UFSC, Florianópolis, SC, 1987.
- PINHO ALVES, J. F. **Tese de doutorado :** UFSC, Florianópolis, SC, 2000.
- PRÓ-CIÊNCIAS. Física. **Curso de especialização em ensino de física.** Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Física – CFM, 1999/2000.
- RAMALHO et alii. **Os fundamentos da física.** Vol. 2. São Paulo: Moderna, 1999.
- WILLIAMS, J. E.; METCALFE, H. C.; TRINKLEIN, F. E.; LEFLER, R. W. & MELLO, L. J. S. **Física moderna.** Vol. 1 e 2. Rio de Janeiro : Renes, 1971.
- YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. & SHIGEKIYO, C. T. **Os Alicerces da física.** Vol. 2. São Paulo : Saraiva, 1988.