

Décio das Dores Dionísio

**Construção de Material Instrucional para Aulas Práticas da Física Ondulatória:  
Caso de Microfone de Carvão**

Licenciatura em Ensino de Física

Universidade Pedagógica  
Xai-Xai  
Abril de 2010

| ÍNDICE  | PÁG.      |
|---|-----------|
| <b>1. Introdução .....</b>  | <b>11</b> |
| 1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....   | 12        |
| 1.2 PROBLEMATIZAÇÃO .....   | 12        |
| 1.3 JUSTIFICATIVA .....   | 13        |
| 1.4 OBJECTIVOS .....  | 14        |
| 1.4.1 Objectivo Geral.....  | 14        |
| 1.4.2 Objectivos Específicos .....  | 14        |
| 1.5 HIPÓTESES .....   | 14        |
| 1.5.1 Hipótese nula .....   | 14        |
| 1.5.2 Hipótese alternativa .....  | 14        |
| 1.5.3. Variáveis .....  | 15        |
| <b>2. Metodologia .....</b>   | <b>16</b> |
| 2.1 PROCEDIMENTOS DA ANÁLISE DOS DADOS .....  | 17        |
| <b>3. Enquadramento Teórico .....</b>   | <b>18</b> |
| 3.1 CONCEITOS DO ÂMBITO EDUCACIONAL.....  | 18        |
| 3.2. CONCEITOS DA FÍSICA ENVOLVIDA .....  | 20        |
| 3.2.1 Natureza do fenómeno microfónico .....  | 20        |
| 3.2.2 Limiar de frequência auditiva.....  | 20        |
| 3.2.3 Relações de intensidade do som produzido .....  | 21        |
| <b>3.3 Teoria Especifica da Física Sobre as Grandezas Envolvidas no Funcionamento do<br/>Microfone de Carvão.....</b> | <b>21</b> |
| 3.3.1 Ondas .....   | 21        |
| <b>Ondas Sonoras Harmónicas .....</b>   | <b>22</b> |
| <b>Equação de uma Onda Sonora.....</b>  | <b>22</b> |
| 3.3.2 Classificação dos Sons Segundo sua Frequência .....   | 23        |
| 3.3.3 Processos de Amplificação da Onda Sonora .....  | 23        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3.4. Determinação do comprimento de onda .....  | 24        |
| 3.3.5 Características de uma onda sonora.....   | 25        |
| 3.4 PARTE EXPERIMENTAL DO TRABALHO .....  | 29        |
| HISTORIA DE SURGIMENTO DE MICROFONE DE CARVÃO .....   | 29        |
| 3.4.1. Procedimento Experimental .....  | 30        |
| <b>4. Resultados do Estudo .....</b>  | <b>36</b> |
| 4.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO.....  | 37        |
| 4.2 EXPERIÊNCIAS PRODUZIDAS COM OS ALUNOS NA SALA DE AULAS .....                                    | 42        |
| 4.2.1 Realização de inquérito geral sobre importância das experiências nas aulas de Física<br>..... | 43        |
| <b>5. Análise e Discussão dos Resultados do Campo .....</b>   | <b>44</b> |
| <b>6. Conclusões .....</b>  | <b>47</b> |
| <b>7. Recomendações .....</b>   | <b>49</b> |
| <b>8. Referencias Bibliográficas .....</b>  | <b>51</b> |

### **Declaração sob compromisso de honra**

Declaro por minha honra que este trabalho foi elaborado com base na investigação pessoal e sob orientações do meu supervisor. Todas as fontes consultadas estão devidamente citada e mencionada na bibliografia final. O seu conteúdo é original e o mesmo nunca foi apresentado em nenhuma instituição para obtenção de algum grau académico.

Xai-Xai, Abril de 2010.

---

(Décio das Dores Dionísio)

## **Agradecimentos**

Agradeço a todos que contribuíram para que este trabalho se tornasse uma realidade.

Aos meus docentes desde o primeiro (2006) ao quarto ano (2009) pelo acompanhamento paciente nas nossas actividades académicas, em especial o meu supervisor dr. Alberto Halar que desde o início esteve ao meu lado acompanhando as minhas actividades até a efectivação final deste trabalho, vai o meu carinhoso obrigado;

Aos meus pais Dionísio Domingos e Aurélia Samundela por me terem dado a vida e por terem cumprido a nobre missão de me levar à escola e pelo apoio de todo tipo, moral e financeiro.

Aos meus tios Sebastião Domingos e Irene Wilson, Xavier Domingos e Júlia Domingos que de várias maneiras prestaram todo tipo de acompanhamento durante o meu processo de aprendizagem;

Aos meus irmãos Natal, Custódio, Clarinha, Elvira, Sónia e Doráida, meus primos Lopes, Bento, Sebastião pelo afecto, convivência familiar e por todo tipo de apoio moral e humano que deles adveio o meu muitíssimo obrigado;

Ao Alberto Cuambe, cujo apoio e colaboração em termos de material bibliográfico, foi de extrema importância;

Aos meus amigos Milva e Lívio e a todos aqueles que, não estando aqui mencionados e que, tanto deram para que hoje pudesse alcançar este patamar e a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para que este trabalho se tornasse uma realidade, os meus sinceros agradecimentos.

Meu especial agradecimento a todos os colegas da primeira turma de Ensino de Física da Universidade da Universidade Pedagógica, Delegação de Gaza, pelo companheirismo e pela disposição, sempre presente, em ajudar.

A todos deixo aqui gravado e no meu coração o meu profundo “KANIMAMBO”!

### **Dedicatória**

A Dionísio Domingos e Aurélia Samundela que me trouxeram a vida, meus tios Sebastião Domingos, Irene Wilson, Xavier Domingos e Júlia Domingos a eles dedico este trabalho e tudo o que sou hoje.

## **Resumo**

O recurso a actividades experimentais é uma ferramenta básica no ensino de Física. Actualmente, conhece-se dificuldades que afectam a construção de experiências e a aquisição de materiais, factos comprovados pela escassa utilização dos mesmos. Acredita-se que o uso de materiais de baixo custo, possa ser material alternativo para incentivar os professores a adoptarem a prática experimental como uma ferramenta de ensino, aplicável ao processo de ensino e aprendizagem da Física. O trabalho apresenta uma sugestão demonstrativa de experiências didácticas para aulas práticas de Física: Caso de microfone de carvão.

Esta experiência é implementada no Ensino Médio do ESG II, Escola Secundária Joaquim Chissano.

Nesta proposta alternativa utiliza-se materiais de baixo custo e de fácil aquisição para a construção da experiência, com maior preferência a materiais que estão relacionados com o quotidiano do aluno, como por exemplo, madeira, mina de grafite, núcleo de carvão retirado de pilha (níquel-cádmio) como forma de aproximar a ciência da sua realidade. Este protótipo permite discutir a natureza do fenómeno microfónico.

O procedimento de colecta de dados durante as aulas considera-se simples e de fácil compreensão, e que o professor consegue como vantagem o envolvimento dos alunos num processo didáctica mais produtivo e cativante.

**Palavras chave:** Experiências de Baixo Custo, microfone de carvão, fenómeno microfónico, Aprendizagem significativa, Construção do conhecimento.

**Lista de abreviaturas e símbolos usados**

- c.p.s – Ciclos por segundo
- CC - Corrente contínua
- cm - Centímetro
- dB - Decibel
- ESG II – Ensino Secundário Geral do II grau
- ESJC –Escola Secundária Joaquim Chissano
- F – Frequência
- INDE – Instituto Nacional de Desenvolvimento de Educação
- m/s – Metro por segundo
- MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia
- MIC - Micro
- Nov – Novembro
- P<sub>(x)</sub> – Pergunta “x”
- PEA – Processo de Ensino e aprendizagem



## Lista de figuras e tabelas

---

### a) Figuras

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Figura :1</b>  | Esquema de propagação das ondas sonoras .....  | 22 |
| <b>Figura :2</b>  | Espectro de escala decibel .....   | 26 |
| <b>Figura :3</b>  | Níveis sonoros .....   | 27 |
| <b>Figura :4</b>  | Espectro sonoro .....  | 28 |
| <b>Figura :5</b>  | Passos da montagem do microfone de carvão .....  | 32 |
| <b>Figura :6</b>  | Material usado na montagem do circuito de amplificação .....   | 32 |
| <b>Figura :7</b>  | circuito de amplificação incluindo o microfone .....   | 33 |
| <b>Figura :8</b>  | Visualização do esquema de montagem final com amplificação .....   | 33 |
| <b>Figura :9</b>  | Esquema final da montagem final do protótipo incluindo o amplificador .....  | 33 |
| <b>Figura :10</b> | Alunos respondendo o questionário .....  | 43 |
| <b>Figura :11</b> | Imagem ilustrativa de material usado na montagem do dispositivo de amplificação do som ate o limiar audível.....                           | 43 |
| <b>Figura :12</b> | Alunos participantes, fazendo a montagem do microfone segundo as orientações previstas .....   | 43 |
| <b>Figura :13</b> | Fim da montagem do protótipo e a imagem no lado direito a discussão dos procedimentos da montagem do circuito de amplificação de som. .... | 43 |
| <b>Figura :14</b> | Momento da medição e discussão das grandezas envolvidas no funcionamento do aparelho. ....   | 44 |
| <b>Figura :15</b> | Diagrama de distribuição percentual da retenção de conhecimento segundo Nérici .....   | 46 |

## b) Tabelas

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Tabela :1</b> | EX: P <sub>(5)</sub> . Já ouviu falar de experiência de demonstração? ..... | 17 |
| <b>Tabela :2</b> | Tabela. 1. Variação da velocidade do som com o meio .....                   | 24 |
| <b>Tabela :3</b> | Apuramento geral dos dados obtidos durante a pesquisa .....                 | 37 |
| <b>Tabela :4</b> | Apuramento das respostas da P. <sub>(5)</sub> .....                         | 38 |
| <b>Tabela :5</b> | Apuramento das respostas da P. <sub>(6)</sub> .....                         | 38 |
| <b>Tabela :6</b> | Apuramento das respostas da P. <sub>(8)</sub> .....                         | 39 |
| <b>Tabela :7</b> | Apuramento das respostas da P. <sub>(10)</sub> .....                        | 39 |
| <b>Tabela :8</b> | Apuramento das respostas da P. <sub>(11)</sub> .....                        | 40 |
| <b>Tabela :9</b> | Apuramento das respostas da P. <sub>(12)</sub> .....                        | 41 |

## 1. Introdução

O presente trabalho versa sobre construção de materiais didáticos, *caso de microfone de carvão*, como tentativa de incentivar o uso frequente de experiências que demonstrem os fenómenos Físicos na sala de aulas, motivando estrategicamente a aprendizagem da Física. A experiência em questão, *microfone de carvão*, tem maior aplicação nas aulas para alunos do nível médio do Ensino Secundário Geral II, ao abordar conteúdos relacionados com as ondas mecânicas, especificamente as ondas sonoras no referente a explicação da natureza das mesmas, sua produção, sua velocidade de propagação e os limites de frequência.

Como motivação para produção deste trabalho está o facto de durante a nossa era de estudante do ESG II termos passado por várias dificuldades no que se referi a aprendizagem da Física. Assim era porque, por um lado, as escolas não dispunham de laboratórios equipados para o efeito, e por outro, dentre aqueles que o possuíam não chegavam a utiliza-lo como tal.

A situação acima mencionada constituía um argumento para legitimar a natureza de aulas que era totalmente teórica, abdicando de toda gama de demonstrações de fenómenos que com sucesso poderia protagonizar uma aprendizagem significativa no aluno. A constatação da persistência desta prática ainda hoje levou nos a conceber este trabalho como tentativa de evitar que, aquilo que connosco aconteceu não se repita na actualidade.

Sob ponto de vista educacional, o trabalho visa contribuir com experiências de baixo custo e de fácil execução a partir de teorias previstas nos programas do nível médio do ESG II com intenção de transformar a Física como instrumento de solução de problemas concretos vividos pelos alunos no seu dia a dia, alias este é o desafio do ensino nestes últimos tempos. A esta necessidade, alia-se a urgência de um ensino qualitativo sob ponto de vista experimental e interpretativa de fenómenos a que este trabalho se propôs, com esperança de conseguir maior aceitação e sua possível multiplicação servindo de equipamento consultivo, e não só, mas também como um instrumento de uso social segundo o acima referenciado.

Quanto a estrutura o trabalho debruça -se numa primeira fase sobre a conceitualização, numa segunda, apresentação da experiência e na terceira a confrontação da experiência com as teorias didáticas apresentando as implicações pedagógicas do uso de experiências numa aula de Física.

### 1.1 Delimitação do Tema

A expansão da rede escolar constitui um dos maiores desafios do Governo Moçambicano, entretanto, nem todas as escolas secundárias possuem laboratórios para aulas experimentais. O presente trabalho subordinado ao tema **Construção de material instrucional, para aulas práticas da Física Ondulatória: Caso de microfone a carvão**, tem como base o aproveitamento de recursos disponíveis no meio ambiente que torne sensível e consequentemente compreensível os fenómenos Físicos no PEA.

### 1.2 Problematização

A dependência dos professores de Física do manual de ensino como instrumento predominante na sala de aulas torna as aulas de Física bastante teóricas, pobres, monótonas e até pouco interessantes.

Atendendo e considerando, que o professor é o primeiro protagonista do ensino, o único capaz de inverter a situação produzindo a partir do meio, materiais didáticos que tornem as aulas mais sensíveis e significativas, a que lamentar o facto de muitos professores desta disciplina com frequência se revelarem pouco criativos, negligenciando uma gama de competências a serem activadas nos alunos do nível médio do ESG II. Isto revela-se desenquadrado na dinâmica do PEA seguida pelo ensino moçambicano que num contexto pluralista e democrático preocupa-se em formar um aluno com qualidade de empreendedor e que melhor se enquadre na sociedade actual.

Os professores embora formados parecem pouco entusiasmados com a sua tarefa; não relacionam o PEA com a situação concreta com que o aluno ira se defrontar posteriormente, gerando muitas dificuldades de lidar com a situação concreta do meio em que vive durante e depois da sua formação.

Perante tal cenário coloca-se a seguinte questão:

*Até que ponto a realização de aulas práticas (experiências) contribui para o aumento da qualidade do ensino?*

### 1.3 Justificativa

No presente trabalho consideramos o tema em questão de relevante importância e actualidade. A sua relevância resume-se no facto de que quase todas as instituições de ensino estão hoje preocupadas em formar um estudante capaz de relacionar a teoria com a prática, cultivando nele um espírito flexível e criativo. Este desafio insere-se na actividade cognitiva de experimentar. É um trabalho que pretende que na actualidade, as aulas de Física sejam mais sensíveis e vistas como um autêntico laboratório para uma aprendizagem cognitiva, em que o aluno é capaz de enquadrar o conteúdo das aulas ao seu quotidiano.

A actualidade do tema fundamenta-se no facto de nos últimos dias têm se registado maior desafio por parte das instituições de ensino em a formar um estudante criativo, capaz de relacionar a teoria com a prática. Esta criatividade, é ainda escassa por parte dos professores que lidam com esta disciplina de Física, daí a pertinência da insistência actual sobre o tema, como incentivo para aplicação do método experimental, com recurso a materiais de baixo custo.

A construção de experiências de baixo custo é contributo para o melhoramento da qualidade de ensino de Física, pois, toda a área da Física pode ser trabalhada a partir de diversidade de materiais oferecidos pelo meio sem grandes dispêndios de finanças.

Constitui impulso para o presente trabalho a constatação de que os alunos do nível médio apresentam problemas filosóficos no que se relaciona com as competências Física no seu dia a dia. Espera-se que este trabalho dê um contributo para que a prática experimental de Física seja uma realidade sensível para os alunos, constituindo um incentivo à emergência de uma cidadania esclarecida cientificamente, com capacidade de usar recursos intelectuais da ciência, observados e concretizados experimentalmente na sala de aula, para criação de um ambiente favorável ao desenvolvimento do homem como ser humano.

## **1.4 Objectivos**

### **1.4.1 Objectivo Geral**

- Desenvolver a prática experimental em aulas de Física.

### **1.4.2 Objectivos Específicos**

- Identificar as causas da não realização de experiências em aulas de Física;
- Construir um microfone a carvão como meio didáctico que sirva de suporte para visualização de fenómenos ligados a Física ondulatório;
- Contribuir com algumas experiências para tornar a Física uma prática sensível dos alunos do nível médio do ESG II;
- Estimular o espírito criativo e inventivo nos alunos do nível médio do ESG II.

## **1.5 Hipóteses**

O estágio actual do ensino de Física e a qualidade do formando que dela resulta, provoca reflexões que desaguam nas seguintes hipóteses:

### **1.5.1 Hipótese nula**

- Um ensino rigoroso de teorias Físicas no ESGII pode concorrer para a formação de um estudante criativo;

### **1.5.2 Hipótese alternativa**

- A implementação da componente experimental no II ciclo de ESG pode concorrer para a formação de um estudante criativo..

### **1.5.3. Variáveis**

#### **a) Variável Dependente**

- Qualidades do aluno de Física.

#### **b) Variáveis Independentes**

- Espírito criativo do professor;
- Materiais didáticos: componente experimental;
- Qualidade das aulas de Física no nível médio do ESG.

## 2. Metodologia

Na abordagem do problema escolhemos como tipo a *pesquisa experimental* ou *quantitativa*, feita através de um estudo empírico na Escola Secundária Joaquim Chissano, Cidade de Xai-Xai.

De forma aleatória escolhemos uma amostra dentre os alunos da escola que estão a frequentar no presente ano (2010) a 12<sup>a</sup> classe. Com auxílio de um *questionário* por nós reduzido recolhemos dados referentes a aplicação teórico prático dos conhecimentos de Física adquiridos durante a frequência escolar e dos resultados obtidos fez-se um tratamento estatístico.

Como método de abordagem para pesquisa escolhemos o *método indutivo*, pois a partir de inferências indutivas da amostra atesta a ocorrência das hipóteses levantadas e das lacunas constatadas no tema efectuando por fim generalizações estatísticas.

Como procedimento, aplicamos simultaneamente os métodos *monográfico* e *estatístico* de maneira a garantir que o problema fosse estudado até o pormenor já que o nosso estudo incide numa parte representativa de 37 alunos, para uma posterior generalização a partir de levantamento de dados numéricos que asseguram a ocorrência do fenómeno na escola.

Os procedimentos escolhidos foram operacionalidades mediante a técnica de *observação directa extensiva* enquanto os alunos responderam o questionário constituído por uma série de perguntas e *observação directa intensiva* enquanto observávamos as experiências realizadas pelo universo dos pesquisados.

Para garantir a eficácia na recolha dos dados usamos uma *amostragem aleatória simples*, constituída por 37 alunos de cinco turmas com cerca de 55 alunos cada o equivalente a um total de 275 alunos da 12<sup>a</sup> classe de ambos os sexos.

Os dados empíricos para o estudo eram constituídos por um corpus de 06 que totalizam 12 perguntas, que espelham de um modo geral os temas tratados em Física durante 04 anos de preparação.

Depois da colheita foi realizado um tratamento estatístico dos dados obtidos através do questionário dirigido aos alunos da 12<sup>a</sup> classe, seguindo a seguinte estratégia:

- Agrupamento de alunos que deram respostas semelhantes;
- Em seguida contagem de alunos com respostas certas e erradas em cada pergunta;



- E por fim, a partir de respostas afirmativas e não afirmativas de cada pergunta calculamos a frequência relativa absoluta e acumulada, como ilustra a tabela seguinte:

**Tabela :1** EX: P<sub>(5)</sub>. Já ouviu falar de experiência de demonstração?

| <b>Pergunta</b> | <b>Categoria</b> | <b>F. Absoluta</b> | <b>F. Relativa %</b> | <b>F. R. Acumulada %</b> |
|-----------------|------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|
| <b>5</b>        | Sim              | 25                 | 68                   | 68                       |
|                 | Não              | 10                 | 27                   | 95                       |
|                 | Não me recordo   | 2                  | 5                    | <b>100</b>               |
|                 | <b>Total</b>     | <b>37</b>          | <b>100</b>           |                          |

## 2.1 Procedimentos da análise dos dados

Recolhidos os dados através do questionário, fizemos a sistematização da seguinte maneira:

- Agrupamento dos inqueridos em função das relações de semelhanças das respostas, após uma observação e interpretação dos guiões preenchidos.
- Selecção das informações chave em função do problema em estudo, tendo em conta as hipóteses levantadas que nos permitiram produzir o presente relatório.

### **3. Enquadramento Teórico**

#### **3.1 Conceitos do âmbito educacional**

##### **a) Aprendizagem significativa**

Olhando para o âmbito didáctico o nosso trabalho terá como ponto de partida a teoria de *aprendizagem significativa* defendida por Ausubel, constituindo a base para despertar o interesse no aluno que será em seguida submetido ao processo de *aprendizagem por descoberta*. Segundo Ausubel, citado por Coll et al. (2004:61) entende-se por *aprendizagem significativa* aquela em que a nova informação se relaciona de maneira significativa, isto é, não arbitrária, não ao pé da letra com os conhecimentos que os alunos já tem, produzindo-se uma transformação, tanto no conteúdo assimilado quanto naquele que o estudante já sabia. Isto significa que a atenção do aprendiz no processo de aprendizagem é reforçada pelo interesse suscitado pelas situações com que ele se cruza no dia a dia.

##### **b) Aprendizagem por descoberta**

Segundo Marques, (sd:7) a aprendizagem é por descoberta quando o aluno descobre, com um certo grau de autonomia, os conhecimentos. O papel do professor é de guia e facilitador e não de transmissor de conhecimentos. Considera-se que o aluno é um agente activo da construção do conhecimento e que, dessa forma, aprende a aprender. A aprendizagem por descoberta pode ser autónoma ou orientada. No primeiro caso, é autónoma quando o aluno identifica um problema, formula hipóteses, recolhe informações e atinge os resultados sem a direcção do professor. No segundo caso, é orientada, quando o professor dá uma certa ajuda, sempre que o aluno revela dificuldade em chegar às conclusões sozinho.

Neste trabalho é nosso propósito mostrar a pertinência deste processo de aprendizagem no impulsionamento dos estudantes para aprender a aprender atendendo e considerando os objectivos actuais do ensino moçambicano que é formar estudantes criativos empreendedores e competentes.

### c) O modelo cognitivista

Piaget apud Vidal, Estanqueiro e Antunes (1994:144), encontra-se uma perspectiva de conhecimento que tenta fazer síntese de todas anteriores, pois o seu processo complexo e gradual mostra que para a pessoa aprender muitos outros sub processos estão envolvidos e interagem entre si. Neste modelo, o conhecimento se dá por meio da interacção sujeito-objecto, num processo de dupla face chamado *adaptação* e que se divide em dois momentos que são assimilação e acomodação. O conhecimento e aprendizagem são em boa medida o resultado de uma dinâmica na qual os aspectos do sujeito no acto de conhecer e de aprender desempenham um papel decisivo. O objecto só se torna conhecido quando é posto em relação com os contextos interpretativos que o sujeito aplica a ele.

A gradualidade e continuidade com que este processo decorre mostra primeiro que o aluno não aprende de uma só vez, não é apenas repetindo o mesmo exemplo que aprende e que o nível de aprendizagem é sempre progressivo e que envolve a activação de estruturas mentais estimuladas pela prática concreta. Neste contexto aprender Física é mesmo entrar em contacto com a realidade que gradualmente vai transformando de diversas maneiras a estrutura cognitiva do aprendente.

### d) Material Didáctico

Segundo Nerici (1989:99) *material didáctico* é todo e qualquer recurso físico, além do professor, utilizado no contexto de um método ou técnica do ensino, a fim de auxiliar ao professor na transmissão da mensagem ao educando para de forma eficiente realizar a sua aprendizagem. Portanto, Nerici apresenta material didáctico como qualquer meio que possibilita o processo de ensino -aprendizagem. Qualquer material desde que atempadamente planificado pode servir de material didáctico. A não planificação da mesma pode resultar em má gestão de tempo e em situações de indisciplina protagonizadas pelo próprio professor ao apresentar-se com fraco domínio do mesmo.

Os objectivos do uso do material didáctico no nível médio devem ser em função dos objectivos do ensino de Física no nível médio.

### **3.2. Conceitos da Física Envolvida**

Nesta secção interessa-nos fazer uma abordagem dos conceitos que entram na nossa experiência de modo sistematizado. Pretendemos demonstrar a sua relação e conexão de maneira a esclarecer o processo dialéctico e o impacto possível num processo de transmissão em aula, tendo em conta que centra-se nos fenómenos *microfónico coclear*.

#### **3.2.1 Natureza do fenómeno microfónico**

O efeito microfónico coclear não é o resultado de transformações energéticas neurais. A energia registada nas fibras nervosas em acção é produzida nas próprias células. A energia microfónica surge como uma transformação directa de mudanças mecânicas de pressão operadas no interior do caracol, em mudanças de potencial eléctrico equivalentes, sendo aqui a energia directamente derivada do estímulo (Osgood, 1953:110).

Observemos em seguida os limiares de frequência auditiva que permitem a percepção ou não do fenómeno.

#### **3.2.2 Limiar de frequência auditiva**

Para Wever et al citado por Osgood (1953:110), o potencial microfónico tem sido registado para frequências muito abaixo dos limites de audição.

O limite superior é difícil de calcular devido a problemas instrumentais, mas estende-se provavelmente, também, para além dos limites de audição.

Esta informação permite-nos compreender porque não podemos perceber o nível de vibração com espectro do ouvido normal se não com auxílio de processo de amplificação, bem como, o porque não podemos perceber todo som que está acima do espectro normal do ouvido. Isto permite-nos compreender a relação das grandezas envolvidas para produção do som entre si e sua relação com o ser humano.

### **3.2.3 Relações de intensidade do som produzido**

A voltagem do potencial aumenta em função contínua da intensidade do estímulo sonoro, processando-se de forma linear até atingir intensidades extremamente elevadas, e não há provas de aumento em degraus que caracterizem o sistema nervoso (Osgood, 1953:110).

#### **3.2.3.1 Forma ondulatória**

De acordo com Osgood (1953:110), a fidelidade com que as mudanças potenciais do processo microfónico reproduzem a forma ondulatória do estímulo sonoro manifesta-se pelo facto de ser possível reconhecer-se um orador pelas características qualitativas da sua voz quando mediatizada por via microfónica. A fidelidade atinge o máximo nas intensidades moderadas.

### **3.3 Teoria específica da Física sobre as grandezas envolvidas no funcionamento do microfone de carvão**

#### **3.3.1 Ondas**

Segundo Tipler (2002:523), uma onda mecânica é causada pela perturbação de um meio, mas nesse processo nota-se que existe uma grandeza física ( $e$ ) que se propaga com uma velocidade finita no espaço e varia periodicamente em função de posição e de tempo.

##### **3.3.1.1 Ondas sonoras**

I. Segundo Jdánov (1985:387), dá-se nome de onda sonora às ondas mecânicas que são registadas pelo ouvido humano sob forma de sons.

II. Para Junior a tal (2003:406), *ondas sonoras* são ondas longitudinais de pressão, que se progam no ar ou em outros meios. Este autor considera que as *ondas sonoras* têm origem mecânica, pois são produzidas por deformações em um meio elástico.

III. Para Yavorski at al. (1984:417), *ondas sonoras* ou *acústicas* são ondas elásticas de reduzida intensidade, isto é, as perturbações mecânicas são fracas e se propagam no meio elástico.

Destas três definições embora a primeira exclua a percepção das ondas sonoras por outros seres animados não deixa de ser válida, contudo é a segunda e a terceira, é que respondem ao objecto do nosso estudo, isto é, as ondas sonoras e a sua natureza elástica que nos permitem conhecer os materiais, as grandezas a serem envolvidas para sua produção e percepção.

### 3.3.1.2 Natureza física dos fenómenos sonoros

Quando se faz vibrar a membrana de altifalante produzem-se deslocamentos na massa do ar próxima, que se transmitem por choque. Os deslocamentos fazem-se ao longo da direcção da propagação da onda, pelo que o som é uma **onda longitudinal**. O deslocamento das moléculas faz com que a densidade do ar, num ponto aumente ou diminua: aumenta quando as moléculas se deslocam para esse ponto e diminuem quando as moléculas afastam-se dele. A densidade é directamente proporcional a pressão. (De Sá, 1995:195)

Em quase todos os estudos experimentais, quando se pretende obter um som puro utiliza-se um aparelho chamado **diapasão**. Assim que o diapasão emite um som, a pequena esfera afasta-se da linha vertical ao começar a vibrar. A experiência mostra que um corpo em vibração, ao produzir impulsos no meio que o cerca, dá origem a uma série de ondas mecânicas e constitui uma fonte do som (Jdánov, 1985:357).

#### Ondas Sonoras Harmónicas

Segundo Tipler (2002:535), a fonte vibrante provoca oscilação, com movimento harmónico simples, das moléculas de ar nas suas vizinhanças, em torno das respectivas posições de equilíbrio.

#### Equação de uma onda sonora

$$s(x,t) = s_0 \sin(kx - \omega t) \quad (\text{Tipler, 2002:535})$$



**Figura :1** Esquema de propagação das ondas sonoras

Fonte: <http://www.prof2000.pt/users/mrsd/8ano/Audicao.htm>

### 3.3.2 Classificação dos Sons Segundo sua Frequência

Segundo Yavorski et al. (1984:417) as ondas sonoras, actuando sobre a membrana do ouvido Humano, são susceptíveis de produzir as sensações sonoras sempre que a frequência das oscilações respectivas fique dentro dos limites de  $16 \text{ a } 2 \cdot 10^4 \text{ Hz}$  (*sons audíveis*); ondas com frequência menor que 16 Hz tem o nome de *infra-som*, com frequência maior que  $2 \cdot 10^4 \text{ Hz}$  são denominados *ultra-som* e com frequência maior que  $10^9 \text{ Hz}$  tem o nome de *hipersom*.

Segundo Jdánov (1985:387), verifica-se que apenas as ondas cuja frequência varia de 16 até 20 000hz podem serem consideradas, do ponto de vista do ouvido humano, ondas sonoras ( os limite superiores e inferiores das frequências referidas variam de pessoa para pessoa). Assim, o ouvido humano capta um som sempre que são satisfeitas as seguintes condições:

- 1) Existência de uma fonte sonora que vibre com uma frequência entre 16 e 20000 Hz;
- 2) Entre o ouvido e essa fonte sonora exista um meio elástico e contínuo;
- 3) A intensidade das ondas sonoras seja suficiente para sua captação pelo ouvido humano.

As ondas sonoras são variações da pressão do ar, e sua propagação depende assim de um meio material. À medida que a onda se propaga, o ar é primeiro comprimido e depois rarefeito, pois é a mudança de pressão no ar que produz a onda sonora.

### 3.3.3 Processos de Amplificação da Onda Sonora

*Para transmitir a voz humana ou uma música é preciso converter as ondas sonoras em sinais eléctricos, e depois reconvertê-los em sonoras a fim de que possam ser ouvidas.* O primeiro papel é desempenhado pelo microfone e segundo pelo alto-falante. No ar à temperatura ambiente de 20 °C, a onda sonora se propaga com uma velocidade aproximada de 340m/s.

Vejamos na tabela a seguir a variação da propagação da onda sonora de acordo com o meio em que esta pode estar inserida.

**Tabela :2** Variação da velocidade do som com a substância

| Meio    | Temperatura (C) | Velocidade (m/s) |
|---------|-----------------|------------------|
| Líquido | 15              | 1450             |
| Sólido  | 20              | 5130             |
| Gás     | 0               | 332              |

### 3.3.4. Determinação do comprimento de onda

O comprimento de onda é a distância mínima após a qual a onda se repete (a distancia entre as cristas, por exemplo). O comprimento de onda, é determinado por uma expressão que o relaciona com sua frequência e velocidade de propagação:  $v = \frac{\lambda}{T}$ ;  $f = \frac{1}{T}$ , então  $v = \lambda \cdot f$ , (Tipler, 2002:531).

Da expressão acima e considerando a velocidade, a uma temperatura ambiente de 20 °C, temos: para uma frequência de 20Hz, o comprimento da onda sonora será de 17 metros. Já para ondas sonoras de 20 000 Hz, o comprimento da onda será de 1,7 cm.

*As ondas sonoras são ondas mecânicas que precisam de um meio material para se propagarem, provocando vibração deste meio no mesmo sentido de sua propagação.* Por esta razão, elas são denominadas de ondas longitudinais.

#### 3.3.4.1 Velocidade de uma onda

Segundo Tipler (2002:525), a velocidade das ondas depende das propriedades dos meios e não do movimento da fonte das ondas.

Ex: A velocidade do som de uma boscina do carro depende apenas das propriedades do ar e não só movimento do carro.



### Determinação da velocidade de uma onda Sonora de acordo com o meio de propagação

$$v = \sqrt{\frac{k}{\dots}}, \text{ onde: } k - \text{ modulo de elasticidade do meio.}$$

$$k = \chi p \{ p - \text{pressão do gas; } \chi - \text{constante adiabática}$$

$$v = \sqrt{\frac{\chi p}{\dots}}; p = \frac{nRT}{V} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{\chi nRT}{\dots V}}; n = \frac{m}{M} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{\chi mRT}{\dots VM}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{\chi RT}{M}}, \text{ , (Tipler, 2002:414).}$$

**Onde:**  $v$  - é a velocidade;  $V$  - volume;  $\dots$  - densidade do meio;  $M$  - massa molar;  $\chi$  - constante adiabática;  $T$  - Temperatura;  $p$  - pressão do gás;  $n$  - número de moles

#### 3.3.4.2.1 Para uma onda Sonora dentro de um fluido

$$v = \sqrt{\frac{B}{\dots}}; \text{ onde: } B - \text{constante de compressibilidade; } \dots - \text{densidade do meio.}$$

$$B - \text{ é a razão negativa entre o aumento da pressão e a diminuição do volume. } B = -\frac{\Delta p}{\Delta V / V}$$

### 3.3.5 Características de uma onda sonora

#### 3.3.5.1 Nível de intensidade e sonoridade

Uma das grandezas importantes a discutir neste trabalho é a intensidade de som, que para sua interpretação tivemos que recorrer a Jdánov (1985:390), e que segundo ele a classificação de um som quanto ao volume se baseia no conceito de *intensidade*.

A intensidade do som dá-nos a quantidade de energia transferida pelas ondas sonoras, por unidade de tempo, através de uma secção transversal de um plano perpendicular à propagação das ondas. Atendendo a esta definição, poderemos determinar a unidade da intensidade do som no SI.  $\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) = 1 \text{W}/\text{m}^2$ .

Segundo Tipler (2002:534), a potência média por unidade de área, que é incidente de forma

$$\text{perpendicular à direcção da propagação, é chamada } \textit{intensidade}. I = \frac{P_{med}}{A}; \text{ onde: } A = 4\pi r^2$$

A percepção de sonoridade não é proporcional à intensidade do som mas varia de forma logarítmica.

Assim, foi adoptada uma escala logarítmica para descrever o nível de intensidade de uma Onda Sonora a qual é medida em (*dB*).

$S = 10 \log \frac{I}{I_0}$ ; onde: *I*- intensidade do som; *I*<sub>0</sub> - limiar de audição  $I_0 = 10^{-2} \frac{W}{m^2}$  (Tipler, 2002:540)

Escala: B=0dB – limiar de audição; B=120 dB – limiar de audição dolorosa.

#### a) Escala Decibel

Para medir os sons que nos rodeiam, usa-se uma *escala* para exprimir o *nível sonoro*, que se mede em *decibel* (símbolo: dB).

**Figura :2** Espectro de escala decibel

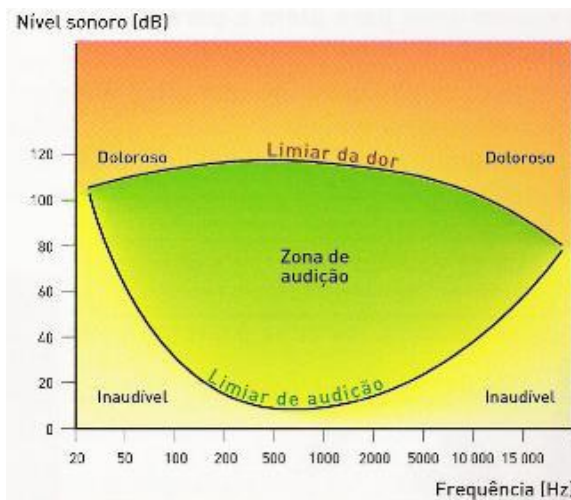
Fonte: <http://www.prof2000.pt/users/mrsd/8ano/Audicao.htm>

A *escala decibel* (figura acima) começa em 0 (zero) *dB*, que corresponde ao limite mais baixo de audibilidade. É o nível sonoro mínimo para o qual um som, com a frequência de 3000 Hz, se pode ouvir.

O nível sonoro de 200 dB mede-se numa explosão nuclear.

Mas o nível sonoro 120 dB corresponde ao limite superior da audição (ver figura seguinte) - é já o limiar da dor.

## b) Diagrama de níveis sonoros



**Figura :3** Níveis sonoros

Fonte: <http://www.prof2000.pt/users/mrsd/8ano/Audicao.htm>

### 3.3.5.2 Altura do som e timbre do som

Segundo Jdánov (1985:390) *altura do tom* é a qualidade objectiva do som, determinada pela frequência da onda sonora. A altura do tom é directamente proporcional à frequência de vibração, isto é a *uma frequência alta corresponde a um tom alto e vice-versa* e inversamente proporcional ao comprimento de onda, isto é *um tom alto corresponde um comprimento de onda pequeno*.

**Tom** é o som correspondente a determinada frequência de vibrações (Jdánov, 1985:391).

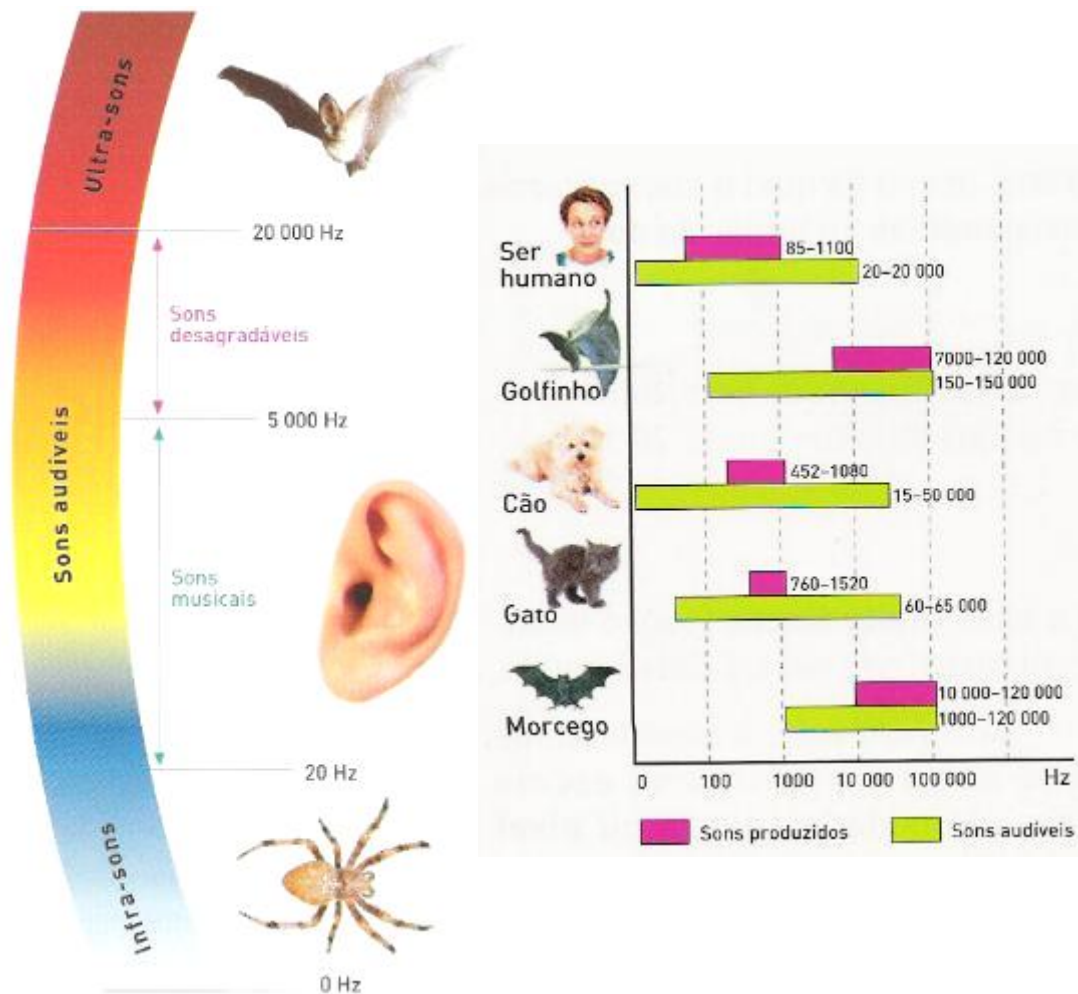
A altura do tom é caracterizado pelo *comprimento de onda das ondas sonoras* que se propagam através do ar. Matematicamente temos:  $v = \lambda \cdot f$ , podendo ter a uma temperatura de 0°C que  $\lambda = 332m / s / f$ .

**Timbre do som** é a qualidade do som que o ouvido humano consegue distinguir e que diz respeito à fonte sonora. Com o *timbre* conseguimos reconhecer as diferentes vozes, sons de instrumentos (Jdánov, 1985:392)

**Transdutores** são dispositivos especializados em transformar energia eléctrica em energia sonora, ou vice-versa. O microfone pode ser definido como um transdutor especializado no vice-versa, ou seja, em transformar energia acústica (som) em electricidade. Esta secção trata deles,

dos vários tipos existentes, das várias formas de classificação, das características mais importantes quando o assunto é sonorização e das melhores formas de usá-lo.

## Espectro sonoro



**Figura :4** Espectro sonoro

Fonte: <http://www.prof2000.pt/users/mrsd/8ano/Audicao.htm>

### 3.4 Parte experimental do trabalho

#### Historia de Surgimento de Microfone de Carvão

Tudo começou em 1863 quando, em Cambridge - Inglaterra, James Clerck Maxwell demonstrou teoricamente a provável existência das ondas electromagnéticas. James era professor de física experimental e a partir desta revelação outros pesquisadores se interessaram pelo assunto. O alemão Henrich Rudolph Hertz (1857-1894) foi um deles.

O princípio da propagação radiofónica veio mesmo em 1887, através de Hertz. Ele fez saltar faíscas através do ar que separavam duas bolas de cobre. Por causa disso os antigos *quilocíclos* passaram a ser chamados de *ondas hertzianas* ou *quilo hertz*. A industrialização de equipamentos deu-se com a criação da primeira companhia de rádio, fundada em Londres - Inglaterra pelo cientista italiano *Guglielmo Marconi*.

Em 1896 Marconi já havia demonstrado o funcionamento de seus aparelhos de emissão e recepção de sinais na própria Inglaterra, quando percebeu a importância comercial da telegrafia.

Segundo Luiz, a palavra microfone aparece em primeiro lugar com Sir Charles Wheatstone, em 1827, mas, mesmo assim, Emile Berliner, fez a invenção do primeiro microfone em 1876. Emile Berliner, nasceu em Hanôver, Alemanha, em 1951. Em 1876, aos 25 anos de idade, inventou o gramofone e, mais tarde o microfone como um telefone voz transmissor. O microfone ficou muito popular como é gravado sons fora de falantes em um volume mais alto do que o normal voz humana. Em 1878, David Edward Hughes inventou o primeiro *microfone de carbono*, que mais tarde foi aperfeiçoado durante os anos de 1920.

Em 1964, James West e Gerhard Sessler de Laboratórios Bell inventam o microfone electret. O microfone electret tinha maior confiabilidade, alta precisão, baixo custo, e um tamanho menor. A invenção fez um impacto na indústria microfone com mais de um bilhão de ser fabricado em cada ano.

### 3.4.1. Procedimento Experimental

#### 3.4.1.1 Microfone de carvão

Segundo Neto, citado por *Feira de ciência*<sup>1</sup> o microfone de carvão não se difere de uma caixinha com esférulas de carvão (dispostas entre duas chapas metálicas). Para transmissões à distância, interligam-se em série, o microfone, o receptor e uma bateria (6 volts). Neste tipo de microfone quando se fala diante do bocal microfônico, as esférulas de carvão são sacudidas modificando-se assim, os numerosos contactos existentes entre elas, o que tem por consequência uma variação da *resistência* à passagem da corrente. Para o caso em estudo, usavam-se os microfones com bastão de carvão, mina de grafite cujas pontas apoiavam-se sobre duas placa da mesma substância.

#### 3.4.1.2 Montagem do Elemento de Microfone

##### Material

O material necessário para a construção do microfone de carvão consta na descrição que a seguir apresentamos:

- *Núcleo de carvão* retirado de uma pilha grande (usada nos radios);
- *Grafite de lápis* numero 1;
- *Bloco de madeira* de (2 x 3 x 5)cm;
- *Caixa de charuto* ou *placa de madeira*;
- *Fonte de tensão CC* de 3 a 6 volts;
- *Fios encapado nº 22 (cabo 22)*;
- *Parafusos, serra, broca.*

---

<sup>1</sup> In [http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12\\_20.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12_20.asp), 12/02/2010

### 3.4.1.3 Procedimentos da montagem

Existe sempre uma necessidade de obedecer certos critérios, passos ou mesmo normas para a realização de qualquer actividade, sendo assim para a montagem de microfone, também há que considerar os passos seguintes:

- Longitudinalmente, usando serra para metais, serra-se pela metade o bastão de carvão retirado do centro de uma pilha grande ou lima-se até a metade usando lima;
- Lixam -se as faces planas das peças obtidas;
- Com broca de 1/8" fura-se na extremidade da base das duas peças com 1cm cada. Nas extremidades superiores das mesmas, também com cerca de 1cm, faz-se dois pequenos escavados (cónicos) de 2 mm de profundidade correspondente ao diâmetro da espessura do grafite do lápis;
- Com parafusos para madeira são aparafusadas as peças num bloco de madeira, ficando os escavados em posições opostas;
- Nos dois parafusos enroscam-se os dois fios encapado nº 22 (cabo 22), cada um com cerca de 1m de comprimento. Um dos parafusos já pode ser apertado fixando a peça em seu lugar definitivo;
- Corta-se o grafite de lápis no comprimento certo para se apoiar nos fundos dos dois escavados. Afina-se ligeiramente as extremidades da grafite e aperta-se o outro parafuso. O grafite não deve ficar comprimido entre os carvões, contudo a sua folga não deve permitir a sua queda dos *mancais*.

### 3.4.1.4 Montagem



**Figura :5** Passos da montagem do microfone de carvão

Fonte: autor

### 3.4.1.5 Montagem de um sistema de som (Filtro de som)

#### 3.4.1.5.1 Material

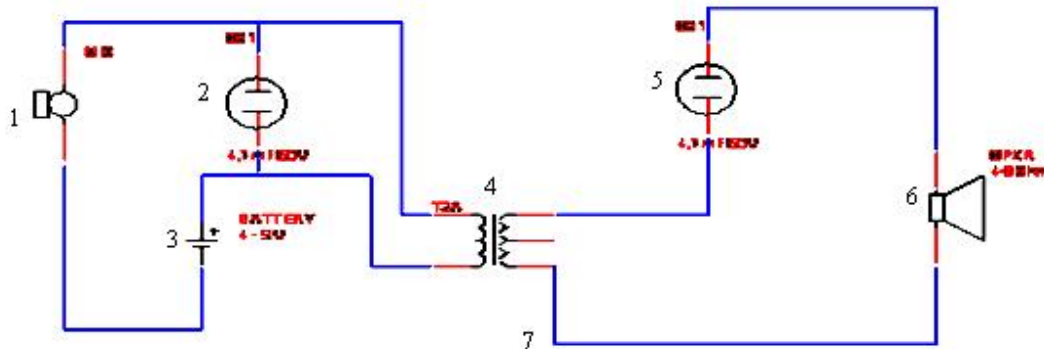
- *Um auto transformador F-H;*
- *Dois condensador ( $4,7\mu F/50V$ );*
- *Fios de ligação;*
- *Uma placa de circuito sem componentes (também pode se usar chapa de unitex);*
- *Um marcador para o desenho do esquema do circuito na placa.*

**Figura :6** Material usado na montagem do circuito de amplificação

Fonte: autor



### Projecto do circuito de montagem



**Figura :7** Circuito de amplificação incluindo o microfone

Fonte: autor

**Figura :8** Visualização do esquema de montagem final com amplificação

Fonte: autor

**Figura :9** Esquema final da montagem final do protótipo incluindo o amplificador

Fonte: autor

#### 3.4.1.6 Interpretação do protótipo (microfone)

Vamos nesta parte do nosso trabalho trazer a interpretação da nossa experiência. Como não ia deixar de ser vamos numa primeira fase sustentar a nossa parte de estudo pela ideia de Papov, segundo a qual a interpretação das experiências deve ser feita claramente não só mostrando possíveis generalizações dos resultados, mas também os limites da sua aplicação (Popov, 1993:70).

Aqui trazemos modelação experimental da produção das *ondas sonoras* a partir do *microfone de carvão*

Com o acompanhamento do professor os alunos realizam a experiência.

Na base da experimentação os alunos devem chegar à conclusão de que ao fazer vibrar a mina de grafite suportado nos escavados cónicos, ou seja, falando diante do bocal microfónico criam-se

vibrações de ar na mina de grafite, que resultam na variação de resistência e intensidade da corrente, conseqüentemente a produção das ondas a quais se dá o nome de *ondas sonoras*.

Os conflitos nos alunos existirão sempre numa primeira fase, porque nunca viram o lápis a produzir som, daí a necessidade de usar cuidadosamente os modelos físicos simples para evitar a vulgarização dos conceitos científicos.

Acreditamos que com uma abordagem a este nível, seria possível ultrapassar as diversas dificuldades das quais o ensino de Física em particular tem passado, porque da experiência quotidiana notamos que os alunos não são capazes de aplicar conceitos e métodos científicos básicos na resolução de problemas práticos. As raízes destas dificuldades convém buscá-las nos métodos de ensino que não têm em conta o que são culturalmente os alunos.

Este facto é sustentado por Popov (1993:72) e que segundo este:

“Talvez a fraqueza maior dos programas, dos manuais do professor e dos livros dos alunos existentes (em Moçambique) seja a sua supressão dos pensamentos, das experiências, da competência linguística, em breve, da cultura dos alunos. Tudo se passa como se os alunos, o objecto central de todo ensino, não tivessem já a sua experiência do mundo, os seus pensamentos, os seus conceitos, as suas explicações, as suas maneiras de reflectir e de se referir a esse mundo”.

#### **3.4.1.7 Principio de Funcionamento microfone de carvão**

Vamos discutir a seguir o principio de funcionamento do microfone de carvão. Como é possível notar nas montagens a cima, o contacto frouxo de grafite nos escavados cónicos de carvão irá permitir o funcionamento do microfone.

Finalmente, coloca-se o bloco de madeira no centro de uma caixa de charuto ou mesmo numa placa de madeira.

Um dos fios que sai do microfone liga-se a um dos terminais da fonte CC (pode ser duas ou três pilhas em série); o outro fio e uma outra terminal da fonte devem ser encaminhados a um receptor telefónico, a um auscultador de ouvido de baixa impedância ou a um pequeno altifalante de 8 ohms (ou, ainda, aos terminais de entrada de um amplificador). Depois das

ligações, podemos escutar os sons produzidos ao redor desse microfone. Com trabalho perfeito podemos colocar um relógio de pulso mecânico apoiado na caixa de charuto e escutar o seu tique-taque.

O microfone que acabamos de descrever deve-se a *Hughes*. Como se fez a descrição acima, funciona pela *alteração da resistência óhmica entre os contactos de carvão*. Qualquer vibração altera a intimidade desses contactos, logo sua resistência e consequentemente a intensidade de corrente eléctrica no circuito. Essa "modulação" da corrente é traduzida no telefone de ouvido (ou alto falante do amplificador) como um som.

A corrente eléctrica obtida no microfone, que representa o som transformado, é do tipo *alternado* e de baixa frequência. No altifalante ocorre a transformação inversa àquela do microfone, corrente eléctrica é transformada em vibrações mecânicas do ar, reconstituindo o som inicial. Por tanto, é necessário o uso de uma bobina, um cone (em geral de papelão) e um iman permanente ou um electroíman. Quando a corrente eléctrica, que representa o som transformado, se estabelece na bobina do alto-falante, pelo facto de ela estar sob a acção de um campo magnético criado por um imã (ou por um eltroíman), a bobina com corrente eléctrica fica sob a acção de forças e entra em movimento. A intensidade das forças magnéticas depende da intensidade da corrente eléctrica que atinge a bobina.

#### **3.4.1.8 Aplicações**

Os microfones são usados em diversas áreas, como telefones, gravadores, aparelhos auditivos e na transmissão de rádio e televisão. Neste caso específico para aprendizagem laboratorial das ondas sonoras.

#### **3.4.1.9 Conversões sonoras através do microfone**

O microfone converte vibrações na gama audível (20Hz-20kHz), seja no ar, água ou num material sólido, numa forma de onda eléctrica. Na maioria dos microfones em uso as ondas sonoras são convertidas em vibrações mecânicas através de um diafragma fino e flexível e em seguida convertidas em sinal eléctrico através de bobina móvel ou por carga e descarga de um

condensador. No caso de microfones de condensador estes necessitam de uma tensão de alimentação contínua, chamada de *phantom power*, que é de facto uma tensão de polarização.

#### 4. Resultados do estudo

| Pergunta | Categoria        | Frequência Absoluta | Frequência Relativa % | F. Relativa Acumulada % |
|----------|------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|
| 5        | Sim              | 25                  | 68                    | 68                      |
|          | Não              | 10                  | 27                    | 95                      |
|          | Não me recordo   | 2                   | 5                     | 100                     |
|          | <b>Total</b>     | <b>37</b>           | <b>100</b>            |                         |
| 6        | Sim              | 11                  | 30                    | 30                      |
|          | Não              | 24                  | 65                    | 95                      |
|          | Não me recordo   | 2                   | 5                     | 100                     |
|          | <b>Total</b>     | <b>37</b>           | <b>100</b>            |                         |
| 8        | Sim/Excelente    | 6                   | 16                    | 16                      |
|          | Sim/Satisfatório | 25                  | 68                    | 84                      |

|           |                    |           |            |            |
|-----------|--------------------|-----------|------------|------------|
|           | Sim/Insatisfatório | 6         | 16         | 100        |
|           | Não/Insatisfatório | 0         | 0          | <b>100</b> |
|           | <b>Total</b>       | <b>37</b> | <b>100</b> |            |
| <b>10</b> | Sim/Excelente      | 7         | 19         | 19         |
|           | Sim/Satisfatório   | 10        | 27         | 46         |
|           | Sem Argumento      | 14        | 38         | 84         |
|           | Sem Resposta       | 6         | 16         | <b>100</b> |
|           | <b>Total</b>       | <b>37</b> | <b>100</b> |            |
| <b>11</b> | Excelente          | 6         | 16         | 16         |
|           | Satisfatório       | 23        | 62         | 78         |
|           | Sem Argumento      | 0         | 0          | 78         |
|           | Sem Resposta       | 8         | 22         | <b>100</b> |
|           | <b>Total</b>       | <b>37</b> | <b>100</b> |            |
| <b>12</b> | Excelente          | 5         | 14         | 14         |
|           | Satisfatório       | 23        | 62         | 76         |
|           | Incorrecto         | 2         | 5          | 81         |
|           | Sem Argumento      | 0         | 0          | 81         |
|           | Sem Resposta       | 7         | 19         | <b>100</b> |
|           | <b>Total</b>       | <b>37</b> | <b>100</b> |            |

**Tabela :3** Apuramento geral dos dados obtidos durante a pesquisa

Fonte : autor

#### 4.1 Análise das respostas do questionário

Para melhor análise e interpretação das respostas dadas no questionário, adoptou-se um critério de codificação da amostra como forma de identificá-la, facilitando, assim a análise geral de cada questão.

De um universo de 5 turmas da 12ª Classe, dos grupo B, escolhemos aleatoriamente 37 alunos dos grupos que serviram de amostra do universo de cerca de 275 estudantes, devido as condições da actividades laboratoriais.

As tabelas que se seguem, apresentam os dados das respostas dadas em cada pergunta em Frequências absoluta, Frequência relativa percentual e Frequência Relativa acumulada percentual.

**Tabela :4** Apuramento das respostas da P.<sub>(5)</sub>: *Já ouviu falar de experiência de demonstração?*

| Pergunta | Categoria      | F. Absoluta | F. Relativa % | F. Relativa Acumulada % |
|----------|----------------|-------------|---------------|-------------------------|
| <b>5</b> | Sim            | 25          | 68            | 68                      |
|          | Não            | 10          | 27            | 95                      |
|          | Não me recordo | 2           | 5             | <b>100</b>              |
|          | <b>Total</b>   | <b>37</b>   | <b>100</b>    |                         |

**Resposta:** Os alunos já ouviram falar de experiências demonstrativas, 25 afirmativos contra 12 negativos.

Segundo a nossa amostra podemos concluir o seguinte:

Não é satisfatório ter apenas 25 que correspondem a 68% num universo de 37 questionados com resposta afirmativa, pois as experiências são característica desta disciplina e as informações que elas nos trazem evidenciam que poucas vezes se fala no assunto, pois os 25 permitem concluir que pelo menos se fala desse assunto, porém, o facto dos 10 correspondentes a 27% que nunca terem ouvido falar para além dos 2 equivalentes a 5% que nem se lembram de ter falado de Experiências demonstrativas, permitem perceber que, algo não está bem, no que se refere ao ensino experimental de Física.

**Tabela :5** Apuramento das respostas da P.<sub>(6)</sub>: *Se sim, já realizou ou presenciou a alguma experiência demonstrativa?*

| Pergunta | Categoria      | F. Absoluta | F. Relativa % | F. Relativa Acumulada % |
|----------|----------------|-------------|---------------|-------------------------|
| <b>6</b> | Sim            | 11          | 30            | 30                      |
|          | Não            | 24          | 65            | 95                      |
|          | Não me recordo | 2           | 5             | <b>100</b>              |
|          | <b>Total</b>   | <b>37</b>   | <b>100</b>    |                         |

**Resposta:** Na generalidade os alunos nunca realizaram experiências nas aulas 11 afirmativos contra 26 negativos.

Relacionando o que acabamos de observar na pergunta 5, constata-se agora na pergunta 6 a redução das respostas afirmativas, que de 25 positivas de pergunta 5 se passou para 11 afirmativas equivalentes a 30% da pergunta 6, cujo significado é: ouvir falar de experiências não implica ter presenciado ou ter realizado alguma experiência demonstrativa. Isto pode constituir um indicador do tipo de aulas que estes alunos tiveram desde a 8ª classe, fase introdutória da disciplina.

**Tabela :6** Apuramento das respostas da P.<sub>(8)</sub>: *Acha que é importante aprender a Física? Porquê?*

| Pergunta | Categoria          | F. Absoluta | F. Relativa % | F. Relativa Acumulada % |
|----------|--------------------|-------------|---------------|-------------------------|
| 8        | Sim/Excelente      | 6           | 16            | 16                      |
|          | Sim/Satisfatório   | 25          | 68            | 84                      |
|          | Sim/Insatisfatório | 6           | 16            | 100                     |
|          | Não/Insatisfatório | 0           | 0             | 100                     |
|          | <b>Total</b>       | <b>37</b>   | <b>100</b>    |                         |

**Resposta:** os alunos consideram importante aprender Física e parecem ter noção de utilidade desta na sua vida. 37 afirmações.

No que se refere à pergunta 8 que está relacionada com a importância da aprendizagem de Física e seus porquês, tivemos como resposta 37 correspondentes a 100%, provando a necessidade de aprender Física, mas nem todos foram capazes de demonstrar ou argumentar o porquê dessa necessidade o que mostra a falta de clareza sobre o objectivo e valor da disciplina na sua vida, representados por 31 que correspondem a 84% dos 37 inqueridos. Isto é um indicador de uma prática Pedagógica de Física pouco significativa provada pela incapacidade dos seus praticantes a relacionarem com a sua utilidade no seu dia a dia.

**Tabela :7** Apuramento das respostas da P.<sub>(10)</sub>: *Acha necessária a demonstração empírica das matérias que aprende em Física?*

**Algumas repostas consideras excelentes segundo o objectivo da pergunta:**

Esta resposta foi dada pelo aluno  $QF_{36}$  e a informação em itálico é a que mais interessa nesta pergunta.

“Sim porque não conseguem transmitir todo conhecimento, assim sendo, *tendo as aulas experimentais o aluno fica mais próximo da realidade.*”

Nesta resposta dada pelo aluno  $QF_{37}$  toda informação dada é bastante interessante para o caso em estudo.

“Sim acho importante e necessária porque a demonstração experimental ajuda na melhor capacitação do aluno no interesse pelas aulas de experiência.”

| Pergunta  | Categoria        | F. Absoluta | F. Relativa % | F. Relativa Acumulada % |
|-----------|------------------|-------------|---------------|-------------------------|
| <b>10</b> | Sim/Excelente    | 7           | 19            | 19                      |
|           | Sim/Satisfatório | 10          | 27            | 46                      |
|           | Sem Argumento    | 14          | 38            | 84                      |
|           | Sem Resposta     | 6           | 16            | <b>100</b>              |
|           | <b>Total</b>     | <b>37</b>   | <b>100</b>    |                         |

**Reposta:** Os alunos acham necessária a demonstração empírica nas aulas de Física, contudo, nunca realizaram 31 satisfatórios e 6 não satisfatórios.

Questionados os alunos sobre a necessidade de demonstração empírica das matérias que eles aprendiam em Física, 31 que correspondem a 84% responderam afirmativamente, contudo, 10 equivalentes a 27% apresentaram razões do censo comum e outros 14 correspondentes a 38% sem argumentação sem falar dos 6 correspondentes a 16% que nem se quer deram resposta. Analisando os dados pode-se perceber que há consciência da necessidade da demonstração empírica dos fenómenos, embora não se saiba explicar com exactidão os porquês.

**Tabela :8** Apuramento das respostas da  $P_{(11)}$ : *Na sua opinião quais as vantagens que isso pode trazer para o aluno.*

**Algumas repostas consideradas excelentes segundo o objectivo da pergunta:**

Foram consideradas respostas excelentes para esta pergunta, as respostas dadas pelos questionados ( $QF_4$ ,  $QF_{15}$ ,  $QF_{22}$ ,  $QF_{32}$  e  $QF_{37}$ ), mas para exemplificar traremos apenas duas que foram aleatoriamente seleccionadas deste conjunto.



**QF<sub>37</sub>:** “As vantagens que isso pode trazer para o aluno é a melhor compreensão na aula, o desenvolvimento psicológico ou mais participação nas aulas em geral.”

**QF<sub>15</sub>:**”Traz enumeras vantagem como: o contacto directo com a pratica; aumenta o gosto pela Física por ser por si um disciplina experimental

| Pergunta  | Categoria     | F. Absoluta | F. Relativa % | F. Relativa Acumulada % |
|-----------|---------------|-------------|---------------|-------------------------|
| <b>11</b> | Excelente     | 6           | 16            | 16                      |
|           | Satisfatório  | 23          | 62            | 78                      |
|           | Sem Argumento | 0           | 0             | 78                      |
|           | Sem Resposta  | 8           | 22            | <b>100</b>              |
|           | <b>Total</b>  | <b>37</b>   | <b>100</b>    |                         |

**Resposta:** Os alunos conhecem as vantagens das aulas demonstrativas mas não as têm. 29 satisfatórios e 8 não satisfatórios.

No referente as vantagens trazidas pela demonstração empírica de fenómenos, 29 correspondente a 78% responderam satisfatoriamente e os restantes 8 correspondentes a 22% preferiram não se pronunciar quanto a esta questão. Estes dados demonstram a existência de uma noção de valor ilustrativo de extrema importância que recomenda o uso deste método. Isto chama atenção para a consciência científica, isto é, há necessidade de demonstrar os fenómenos que segundo os

**Tabela :9** Apuramento das respostas da P.<sub>(12)</sub>: *Na sua opinião que diferença teria uma aula com experiência e uma aula sem experiência?*

inqueridos constitui base para melhor interpretação destes, que para além de tornar as aulas mais vivas e sensíveis, verifica-se um maior ganho na compreensão significativa dos mesmos.

| Pergunta | Categoria     | F. Absoluta | F. Relativa % | F. Relativa Acumulada % |
|----------|---------------|-------------|---------------|-------------------------|
| 12       | Excelente     | 5           | 14            | 14                      |
|          | Satisfatório  | 23          | 62            | 76                      |
|          | Incorrecto    | 2           | 5             | 81                      |
|          | Sem Argumento | 0           | 0             | 81                      |
|          | Sem Resposta  | 7           | 19            | 100                     |
|          | <b>Total</b>  | <b>37</b>   | <b>100</b>    |                         |

**Resposta:** Os alunos distinguem claramente as vantagens das aulas experimentais em relação as não experimentais. 28 Satisfatórios contra 8 não satisfatórios.

A tabela acima, evidencia a visão dos inqueridos no referente as diferenças existentes entre uma aula experimental e uma aula totalmente teórica, pois temos um valor absoluto de 28 inqueridos correspondentes a 76% que satisfatoriamente responderam a questão num universo de 37 inqueridos. Estes dados mostram claramente que apesar de não se observar esta prática, existe uma consciência por parte dos inqueridos de que, de facto uma aula acompanhada por uma experiência, torna as aulas de Física mais sensíveis despertando mais interesse aos participantes pela compreensão e possibilidade de acompanhamento que isso permite. Dos dados apresentados, restam 9 que correspondem a 24% dentre os quais 7 nem se quer apresentaram ideias sobre a questão ou seja preferiam manterem-se em silêncio.

#### 4.2 Experiências produzidas com os alunos na sala de aulas

A presente experiência foi realizada com 37 alunos da 12<sup>a</sup> classe na Escola secundária Joaquim Chissano, num período de três dias, distribuídos por duas horas cada.

A presente experiência com objectivo não tanto para introdução mas para avaliação das competências que os alunos do nível médio acumularam ao longo de vários ciclos de aprendizagem no ensino de Física. No dizer de Roegiers, (sd:9) é competente toda a pessoa que sabe fazer face aos problemas do quotidiano, aplicando os conhecimentos adquiridos sem precisar de recorrer no momento de enfrentamento do problema aos manuais de aprendizagem. Ele é capaz de mostrar como utilizar os recursos para resolver uma situação problema.

Para a execução desta experiência, tivemos como procedimentos as seguintes fases:

#### **4.2.1 Realização de inquérito geral sobre importância das experiências nas aulas de Física e produção do protótipo**

**Figura :10** Alunos respondendo o questionário

Fonte: autor

**Recolha e preparação de material a baixo custo, para montagem do *microfone de carvão*;**

**Figura :11** Imagem ilustrativa de material usado na montagem do dispositivo de amplificação do som ate o limiar audível

Fonte: autor

#### **Montagem da experiência em grupo no laboratório**

**Figura :12** Alunos participantes, fazendo a montagem do microfone segundo as orientações previstas

Fonte: autor

**Figura :13** Fim da montagem do protótipo e a imagem no lado direito a discussão dos procedimentos da montagem do circuito de amplificação de som.

Fonte: autor

### **Medição de grandezas e discussão do princípio de funcionamento**

**Figura :14** Momento da medição e discussão das grandezas envolvidas no funcionamento do aparelho.

Fonte: autor

## **5. Análise e discussão dos resultados do campo**

A situação anteriormente observada permite-nos recorrer do nosso referencial teórico algumas teorias que nos ajudam a confrontar algumas respostas obtidas a partir do questionário, experiência e da entrevista realizada, tendo em conta os objectivos do PEA de Física, no nível médio e tirar algumas conclusões:

- A física é uma ciência natural, que pode ser ensinada de diversas maneiras, contudo, a demonstração experimental dos fenómenos se mostra como ponto de partida de todo processo didáctico, pois nenhuma hipótese poderá ser provada fora de uma verificação empírica para a posterior formulação da lei; isso já provou a experiência de Copérnico que foi resgatada por Galileu. A demonstração empírica dos fenómenos não depende do custo dos materiais, mas sim, da qualidade que nalguns casos embora reciclado não deixa de a ter para experiência de grande qualidade.
- A experiência realizada com os alunos permitiu-nos constatar que é possível realizar experiências complexas de baixo custo desde que o professor se dê tempo de organizar os materiais e preparar as actividades que passam por uma análise das condições de aprendizagem, pré - requisitos e interesse de aprendizagem reforçando assim a compreensão que por seu turno estimula a motivação e interesse por esta área do ensino.
- Assim sendo, não basta ter materiais de baixo custo mas importa dar-se tempo para o professor preparar-se de modo a utilizar os materiais de forma criativa e produtiva o que implica descobrir estratégias de sua utilização de modo a impulsionar a aprendizagem dinâmica capaz de trazer conhecimentos úteis para a vida dos alunos.
- Apoiando-nos na teoria de aprendizagem por descoberta de Ausebel, que defende uma aprendizagem da aprendizagem, mostra que o aluno descobre com um certo grau de autonomia os conhecimentos, em que ele é agente activo da sua construção e que dessa forma, aprende a aprender. De facto, segundo Nerici (1989:102), um dos principais objectivos do uso do material didáctico é favorecer a aprendizagem e a sua retenção. O que nos leva a preocuparmo-nos em conhecer a forma mais eficiente nesse processo de retenção, tendo em vista o modelo centrado no aluno. Este, colocando no escalão maior a aprendizagem prática

mostra que o método expositivo sozinho não basta. É preciso que os alunos entrem em contacto com os materiais em cuja manipulação se estimulara a mente e uma construção de conhecimento terá lugar. Este facto pode ser comprovado pelo entusiasmo e capacidade que os alunos demonstraram sobre o nível de compreensão da matéria e de execução sem excluir a capacidade de confronto de ideias ao longo da realização da experiência. Isto prova que a experiência estimula a troca de ideias a reflexão e exame dos factos a que eles presenciam.

- Como fundamentação do facto anteriormente apresenta, Nerici (1982:102) apresenta um diagrama que evidencia a importância hierárquica desses elementos no PEA, pela elevada percentagem de eficácia na retenção que proporcionam:

**Figura :15** Diagrama de distribuição percentual da retenção de conhecimento segundo Nérici  
Fonte : autor

- O princípio antes evocado não poderá ser observado nesses alunos que embora sabendo da necessidade de recurso a experiências, não a têm pois os docentes não o priorizam acima de todas dificuldades que eles evocam: a falta de tempo, escassez de material didáctico, a super lotação das turmas, congestão dos programas.
- Reforçando esta posição, com o princípio da teoria da aprendizagem significativa aliada à teoria comportamentalista, podemos observar que a falta de contacto dos alunos com os fenómenos pode ser uma componente relevante para o fracasso que os professores alegam em relação ao fraco interesse que os alunos apresentam nas suas aulas. Este facto é segundo as anteriores perspectivas decorrente da falta de consciência e interesse que as aulas não suscitam para o aprendente, facto que já não se verificou a quando da nossa produção de experiência com os alunos durante quatro dias.
- Por outro lado, as competências dos alunos em relação ao nível, que não poderão ter a oportunidade de manipular directamente os objectos para melhor estimular as estruturas

mentais pela realização de operações formais de abstracção e generalização a partir dos fenómenos, tal como recomenda teorização significativa dos fenómenos a partir de um contacto com os mesmos estarão comprometidas pois os alunos não estão em condições de fazer a articulação dos conhecimentos entre si, resultando em alunos que mais memorizam do que dominar o conhecimento, comprometendo de certo modo as aprendizagens subsequentes. Alias, só existe ciência depois de uma verificação experimental, decorrente de um processo gradual e dialéctico com os fenómenos.

- O não recurso a aulas experimentais se revela num elemento prejudicial, não só para as aprendizagens subsequentes tal como anteriormente vimos, mas também compromete todas as competências relacionadas com o quotidiano do aluno, tal como nos confirma a perspectiva cognitivista, ao afirmar que *aprender é compreender*, e resulta da capacidade humana de adquirir, transformar e avaliar informações que obtemos da nossa experiência com o mundo. Isto prova que se os alunos não estiverem em condições de interagir com a realidade concreta que o dia a dia lhes coloca não se mostraram aptos para a vida e logo terá sido uma aprendizagem em vão.

## 6. Conclusões

O estudo monográfico que aqui apresentamos, com duração de dez (10) meses, mostrou-nos que o cruzamento da Física e Didáctica, são áreas ricas e inesgotáveis, contudo, a nossa visita ao campo durante o estágio e o período de pesquisa cruzados com o manancial teórico ao nosso dispor, permitiram-nos, verificar alguns aspectos que nos permitiram as seguintes conclusões:

- O ensino visa estimular, dirigir, incentivar, impulsionar o processo de aprendizagem dos alunos, pois tem um carácter eminentemente pedagógico, ou seja, o de dar um rumo definido para o processo educacional que se realiza no ambiente escolar, caso contrario estará comprometido todo papel formador e transformador da sociedade que a escola tem.
- A aprendizagem da Física, é melhor partindo da constatação de fenómenos dos factos em detrimento do teórico. Assim, o aluno mais aprende fazendo em detrimento do ver ou ouvir, isto nos autoriza a dizer que os alunos questionados ainda que tirem boas notas quantitativamente não poderão mostrar-se competentes pelas dificuldades que apresentam derivadas do não contacto directo com os fenómenos que permitem um processo gradual de abstracção teórica a partir do empírico, alias eles bem como os professores estão bem conscientes do papel das experiências para o efeito.
- Na perspectiva de Piaget citado por Marques (sd:125), na sua teoria cognitivo-desenvolvimentista aplicado ao PEA, podemos dizer que não é suficiente uma mudança dos esquemas mentais a partir do teórico, porque o contacto com os factos é que realiza essas operações no aprendente e a descoberta é singularizada como diz talvez Ausebel, citado por Pellizari (2002:39), na sua teoria de aprendizagem por descoberta: *o contacto directo do aluno com a realidade cada vez mais complexa permite a ele buscar mais respostas elaboradas e complexas*. Por isso, as poucas experiências que os professores realizam na sala de aulas ainda não são sustentadas porque o aluno é apenas espectador, importa por isso que ele manipule os materiais e acompanhe os fenómenos envolvidos na produção progressiva da experiência.
- O recurso a teoria da aprendizagem significativa e do construtivismo em nossa pesquisa configurou-se como uma excelente oportunidade de interacção entre a experiência e a teoria, uma reforçando a outra. Estes resultados não seriam alcançáveis num cenário em que prevalecesse apenas a abordagem tradicionalista. Realmente, não se trata de um modelo a ser seguido, mas sim, de mais um exemplo pedagógico que vem reforçar a ideia de que é possível mudar passando-se a se experimentar novas possibilidades, desde que as mesmas sejam fundamentadas em teorias consagradas, evitando um experimentalismo oco e repetições de erros do passado, que viriam apenas reforçar a ideia equivocada de que não é possível mudar.



Neste contexto, a realização de experiências configura-se como uma ferramenta bastante promissora para o desenvolvimento da performance e de um fazer científico inovador.

- A consciência de que ciência produz conhecimento e a tecnologia, técnica, permite-nos perceber que a ciência em relação à tecnologia é um passo à frente em  *direcção à Sociedade, portanto não haverá tecnologia sem o desenvolvimento da prática.*

## **7. Recomendações**

Pera a situação constatada na Escola Secundaria Joaquim Chissano e aos professores do nível médio tendo em mente os objectivos preconizados pelos programas nesta fase do ensino recomendamos o seguinte:

- Que se priorise a realização de experiências nas aulas de Física se quisermos ter uma prática pedagógica comprometida com a transformação social.

- Que haja implementação de estratégias construtivistas, investigativas e aplicativas dos conhecimentos adquiridos pelos alunos independentemente dos estilos de aprendizagem, para que os alunos possam ser:
  - ⇒ *Activos* – para interagirem com o ambiente e os materiais de aprendizagem que lhes são proporcionados;
  - ⇒ *Pesquisador* – para explorarem os materiais e o ambiente de aprendizagem que lhes são proporcionados;
  - ⇒ *Intencionais* - procurando espontaneamente e de boa vontade atingir os objectivos cognitivos;
  - ⇒ *Dialogantes* – envolvidos em diálogos uns com os outros e com o professor;
  - ⇒ *Reflexivos* – articulando o que aprenderam e reflectindo nos processos e nas decisões tomadas;
  - ⇒ *Ampliativos* – gerando juízos ou asserções, atributos e implicações com base no que aprenderam.

### **Sugestões**

Face as recomendações sugerimos o seguinte:

O professor antes de ir a aula, deve preparar e avaliar os recursos materiais necessários e para a realização da mesma, sem se esquecer do receptor da sua aula numa perspectiva do ensino centrado no aluno:

- Colocar problemas cuja relevância emerge do aluno.
- Avaliar as condições de aprendizagem dos estudantes no contexto do ensino no dia a dia.
- Recorrer ao material reciclável para produção de demonstrações empíricas que permitam ao aluno transitar da base empírica ao teórico facilitando desse modo uma compreensão dos fenómenos e sua posterior teorização e articulação.
- Que a distribuição da carga horária dos professores tenha em mente um horário no período contrario para a pratica laboratorial, sem se esquecer da extensão das turmas que não permitem uma pratica saudável devido ao numero elevado que elas apresenta.

- Que se reconheça que não basta pensar em jornadas científicas programadas pelo (MCT) de física, Química e Matemática, é preciso que os alunos tenham oportunidades constantes de atestar a validade dos conhecimentos que eles adquirem na sala de aulas.

Neste contexto, nota-se com a aplicação desta experiência “*microfone de carvão*”, no ensino médio em particular, será possível uma percepção dinâmica, participativa e criativa nos conteúdos ligados a *ondas sonoras*, sem ter que se recorrer a material que envolva custo bastantes elevados, mas sim apenas ao matéria já considerado inútil por alguns, ou seja material reciclável, que fazem parte do quotidiano do aluno.

Sugere-se desta maneira, uma acção imediata de quem é de direito, no enquadramento desta experiência no PEA, como forma de reduzir as dificuldades nas escolas.

## 8. Referencias bibliográficas

ALVES, Maia. *Ensino Experimental das Ciências, Materiais Didácticos 2*. 1ª Edição. Lisboa: ISBN, Novembro de 2000

- DICKMAN, Adriana Gomes. *Actividade Experimental de Baixo Custo no Ensino de Física: Construindo um Viscosímetro*. Vitória: SNEF, 2009
- JDÁ OV. *Física para o Ensino Técnico Especializado*. URSS: Editora Mir Moscovo, 1985.
- JUNIOR, Francisco Ramalho, et al. *Os fundamentos da Física 2*. 8ª edição. São Paulo: Moderna, 2003.
- LIBÂNEO, José Carlos, *Serie de Formação Geral de Professores*. São Paulo: Cortez, 1990
- MÜLLER, Susann. *Didáctica da Ciências Naturais*. 1ª Edição. Maputo: Texto Editores, 2005
- NERICI, Imideo G. *Didáctica: Uma Introdução*. 2ª (ed). São Paulo: Imprensa Latina, 1989.
- NETO, Luis de Ferraz. *Telefone e Microfone de Carvão*. Disponível em [http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12\\_20.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12_20.asp), visitado em 15 de Fevereiro de 2010.
- MARQUES, Ramiro, *Dicionário Breve de Pedagogia*. 2ª Edição, disponível no [http://www.eses.pt/usr/ramiro/docs/etica\\_pedagogia/dicionario%20pedagogia.pdf](http://www.eses.pt/usr/ramiro/docs/etica_pedagogia/dicionario%20pedagogia.pdf). Visitado em 18 de Dezembro de 2009.
- OSGOOD, Charles E. *Método e teoria da Psicologia Experimental*. 2ª edição. Lisboa: 1995
- PELIZZARI, Adriana. *Teoria de Aprendizagem em Física Segundo Ausebel*. Curitiba:
- POPOV, Oleg. *Ensino de Física nas Escolas Moçambicanas*. Maputo: INDE, 1993
- ROEGIERS, Xavier, *O que é APC?*. S/l. Editora. EDICEF. Sd.
- SÁ, Maria Teresa de. *Física-11º ano*. Lisboa: Texto Editora: 1995
- SANTOS, Ana Maria R. e BALANCHO, Maria J. *A Criatividade no Ensino do Português*. Lisboa: Textos Editora, 1989.
- TIPLER, Paul. *Física: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica*. 5ª edição, Vol 1. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2002.

VIDIGAL, Mário, ESTANQUEIRO, António e ANTUNES, Alberto. *Filosofia 11º Ano*. Lisboa: Editora Presença, 1994.

YAVORSKI, B.M, DETLAF, A.A. *Prontuário de Física*. U.R.S.S: Editora Mir Moscovo, 1984

[http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12\\_20.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12_20.asp), visitado em 12 de Fevereiro de 2010.

<http://www.prof2000.pt/users/mrsd/8ano/Audicao.htm>, visitado em 16 de Fevereiro de 2010.