António Arnaldo Carvalhais Correia

Trabalho Experimental para o 8º Ano



Departamento de Física
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Abril de 2001

António Arnaldo Carvalhais Correia

Trabalho Experimental para o 8º Ano



Tese Submetida à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
para obtenção do grau de mestre em Física para o Ensino

Departamento de Física
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Abril de 2001

TRABALHO EXPERIMENTAL

PARA O

8º ANO



Índice

CAPÍTULO I **1**

INTRODUÇÃO *1*
1.1 Justificação do trabalho 1
1.2 Objectivos do estudo 2
1.3 Plano Geral da Tese 3

CAPÍTULO II **4**

CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO APRENDIZAGEM *4*
2.1 Introdução 4
2.2 Investigação no processo ensino - aprendizagem 4
2.2.1- Progresso Científico e Tecnológico e Ensino das Ciências 4
2.2.2 Concepções alternativas e o ensino - aprendizagem das ciências 5
2.2.3 Mudança conceptual 6
2.3 Trabalho experimental 8
2.4 Caracterização das turmas 9

CAPITULO III **12**

SOM E AUDIÇÃO *12*
3.1 Introdução 12
3.2 Investigação de algumas ideias dos alunos sobre o som e audição 13
3.3 Alguns fundamentos teóricos sobre o som 16
3.3.1 O que é o som 16
3.3.2 Como se propaga o som 17
3.3.3 O som não está apenas relacionado com a audição do homem 17
3.3.4 Propagação de ondas 17
3.3.5 Ondas sísmicas 19
3.3.6 Velocidade de propagação do som 20
3.3.7 Ondas estacionárias 20
3.3.8 Análise harmónica do som 21
3.3.9 Intensidade do som 22
3.3.10 Nível sonoro 22
3.3.11 Sons audíveis e não audíveis 23
3.3.12 Ruído 24
3.3.13 Reflexão e refracção 24
3.3.14 Difracção e interferência 25
3.3.15 Batimentos 26
3.3.16 Efeito de Doppler 27
3.3.17 Ouvido humano 28
3.4 Exploração do som e audição a nível do 8º ano do Ensino Básico. 29
3.5 Desenvolvimento das actividades: 30
3.5.1 Como produzir som: 30
3.5.2 Como caracterizar uma onda 31
3.5.3 Como se propaga o som 33
3.5.4 Velocidade de propagação do som. 34
3.5.5 Como varia a intensidade auditiva com a distância à fonte 35
3.5.6 Nível de intensidade sonora 36
3.5.7 Atributos do som 37
3.5.8 Trabalho experimental: é possível ouvir todos os sons? 38
3.5.9 Fenómenos associados às ondas 39
3.5.10 Difracção, interferência do som e ressonância 40
3.5.11Como se pode explicar o eco 41
3.5.12 Absorção do som 42
3.5.13 Efeito de Doppler 42
3.6 Actividades inseridas no bloco ciência tecnologia e sociedade 43

CAPÍTULO IV **44**

LUZ E VISÃO *44*
4.1 Introdução 44
4.2 Investigação de algumas ideias dos alunos sobre a luz e visão 46
4.3 Alguns fundamentos teóricos sobre a luz e visão 47
4.3.1 Ondas ou partículas 47
4.3.2 Fontes de luz 47
4.3.3 Detectores de luz 48
4.3.4 Detectores químicos 49
4.3.4.1 Olho 49
4.3.4.2 Película fotográfica 49
4.3.4.3 Fotorresistência 49
4.3.4.4 Fotodíodo 49
4.3.5. Fotoemissores 50
4.3.5.1 Célula fotoeléctrica 50
4.3.5.2 Fotomultiplicadores 50
4.3.6 Efeito fotoeléctrico 50
4.3.7 Como se propaga a luz 51
4.3.8 Velocidade de propagação da luz 52
4.3.9 Cor dos objectos 53
4.3.10 Decomposição da luz branca 54
4.3.11 Arco – íris 55
4.3.12 Propagação da luz em meios não homogéneos 55
4.3.13 Difusão 56
4.3.14 Reflexão e Refracção 56
4.3.15 Reflexão total 57
4.3.16 Difracção 58
4.3.17 Fenda simples 58
4.3.18 Redes de difracção 58
4.3.19 Interferência 59
4.3.20 Interferência em películas delgadas 59
4.3.21 Polarização 60
4.3.22 Óptica geométrica 60
4.4 Alguns componentes ópticos que fazem parte do programa do 8º ano 61
4.4.1 Lâminas de faces paralelas 61
4.4.2 Prismas 61
4.4.3 Espelhos planos 61
4.4.4 Espelhos curvos 62
4.4.5 Lentes 63
4.4.6 Fibras ópticas 65
4.4.7 Máquina fotográfica 66
4.4.8 Projector 66
4.4.9 Lupa 67
4.4.10 Microscópio 67
4.4.11 Telescópio 67
4.4.12 Olho humano 68
4.4.13 Defeitos de visão mais comuns 70
4.4.13.1 Hipermetropia 70
4.4.13.2 Presbitia 70
4.4.13.3 Miopia 70
4.4.13.4 Astigmatismo 71
4.4.13.5 Daltonismo 71
4.5 Exploração da luz e visão a nível do 8º ano do ensino básico 71
4.6 Desenvolvimento das actividades: 72
4.6.1 Fontes de luz e propagação rectilínea da luz 72
4.6.2 Triângulo de visão 72
4.6.3 Difracção e interferência 73
4.6.4 Polarização da luz 74
4.6.5 Dispersão da luz 74

4.6.6 Cor dos objectos 75
4.6.7 Leis da reflexão 76
4.6.8 Espelhos curvos 77
4.6.9 Refracção 78
4.6.10 Lentes 80
4.6.11 Caracterizar as imagens dadas pelas lentes 80
4.6.12 Miragens 81
4.6.13 Detectores de luz 82
4.6.14 Olho humano 82
4.6.15 Persistência de visão 84
4.6.16 Fibras óptica 84
4.6.17 Máquina fotográfica 84
4.7 Actividades inseridas no bloco ciência, tecnologia e sociedade 84

CAPÍTULO V 86

PRODUÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E UTILIZAÇÃO DA ELECTRICIDADE 86
5.1 Introdução 86
5.2 Investigação de algumas ideias dos alunos sobre a electricidade 87
5.3 Alguns fundamentos teóricos sobre electricidade 89
5.3.1 Electricidade 89
5.3.2 Carga eléctrica 89
5.3.3 Lei de Coulomb 90
5.3.4 Campo eléctrico 90
5.3.5 Diferença de potencial 91
5.3.6 Electricidade atmosférica: Trovoadas 91
5.3.7 Corrente eléctrica 92
5.3.8 Sentido da corrente 93
5.3.9 Geradores de energia eléctrica 93
5.3.10 Resistência eléctrica 94
5.3.11 Instrumentos de medida 95
5.3.11.1 Amperímetros 95
5.3.11.2 Voltímetros 96
5.3.11.3 Ohmímetros 96
5.3.11.4 Multímetros 96
5.3 12 Efeitos da corrente eléctrica 96
5.3.12.1 Magnéticos 96
5.3.12.2 Químicos 97
5.3.12.3 Térmicos 97
5.3.13 Transporte e distribuição de energia 97
5.3.14 Transformadores 98
5.3.15 Disjuntores e corta circuitos fusíveis 99
5.4 Exploração da produção, distribuição e utilização da corrente eléctrica a nível do 8º ano do ensino básico 99
5.5 Desenvolvimento das actividades: 100
5.5.1 Circuito mistério 100
5.5.2 Geradores de corrente contínua 100
5.5.3 Diferença de potencial/corrente 101
5.5.4 Conservação da carga 101
5.5.5 Resistência dos condutores 102
5.5.6 Lei de ohm 102
5.5.7 Circuitos em série e em paralelo 103
5.5.8 Potência e energia 103
5.5.9 Custo da energia 104
5.5.10 Campo magnético e electromagnético 104
5.5.11 Efeito magnético da corrente eléctrica 104
5.5.12 Efeitos químicos da corrente eléctrica 105
5.5.13 Geradores mecânicos: 105
5.5.14 Transformadores 106
5.6 Actividades inseridas no bloco de ciências, tecnologia e sociedade 106

CAPÍTULO VI **107**

NÓS E O UNIVERSO *107*
6.1 Introdução 107
6.2 Investigação de algumas ideias dos alunos sobre Astronomia 109
6.3 Alguns fundamentos teóricos sobre astronomia 109
6.3.1 Evolução do Universo 109
6.3.2 Galáxias 111
6.3.3 Via Láctea 111
6.3.4 Estrelas 111
6.3.5 Constelações 112
6.3.6 O Sol 112
6.3.7 Sistema Solar 114
6.3.8 Cometas 114
6.3.9 Planetas principais do sistema solar 115
6.3.9.1 Mercúrio 116
6.3.9.2 Vénus 116
6.3.9.3 Terra 116
6.3.9.4 Marte 117
6.3.9.5 Júpiter 117
6.3.9.6 Saturno 118
6.3.9.7 Urano 118
6.3.9.8 Neptuno 118
6.3.9.9 Plutão 118
6.3.8.10 Lua 118
6.3.11 Sistema Sol – Terra – Lua 119
6.3.11.1 Fases da Lua 119
6.3.11.2 Eclipses 119
6.3.11.3 Marés 120
6.4 Exploração da astronomia a nível do 8º ano 121
6.5 Desenvolvimento das actividades 121
6.5.1 Big Bang 122
6.5.2 Estrelas e constelações 122
6.5.3 Porque é que as estrelas cintilam 122
6.5.4 As estrelas não estão à mesma distância 123
6.5.5 Como se determinam as distâncias a que se encontram as estrelas 123
6.5.6 Coordenadas em astronomia 123
6.5.7 Sistema Sol – Terra – Lua 124
6.5.8 Sucessão das estações do ano. Duração dos dias e das noites 124
6.5.9 Atracção Universal 124
6.5.10 Peso e massa 125
6.5.11 À conquista do espaço 125
6.6 Actividades inseridas no bloco ciência, tecnologia e sociedade 126

CAPÍTULO VII **127**

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO SOM *127*
7.1 Introdução 127
7.2 Tratamento e análise do perfil das respostas antes do ensino 127
7.2.1 Como se produz e propaga o som 129
7.2.2 Representar a propagação do som entre a fonte e o detector 130
7.2.3 Como se propaga o som através de pequenas aberturas "Difracção do som" 131
7.2.4 O som necessita de um meio de suporte para se propagar 132
7.2.5 Efeito de Doppler 133
7.2.6 Reflexão do som 134
7.2.7 Poluição sonora 135
7.2.8 Atributos do som 136
7.3 Avaliação da eficácia da alteração conceptual através do trabalho experimental 137
7.3.1 Comparação das categorias das respostas antes e após o ensino 137
7.3.1.1 Como se produz e propaga o som 137

7.3.1.2 Como se podem representar as ondas sonoras 138
7.3.1.3 O som necessita de um meio de suporte para se propagar 139
7.3.1.4 Reflexão e refracção do som na superfície de separação água / ar 139
7.3.1.5 Selecção do meio em que a velocidade do som é superior 140
7.3.1.7 Explica o eco 142
7.3.1.8 Qual o motivo porque na sala de aula não há eco 143
7.3.1.9 O som não se propaga na Lua 143
7.3.1.10 Difracção 145
7.3.1.11 Altura do som 145
7.1.3.12 Atributos do som 146

CAPÍTULO VIII 147

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA LUZ E VISÃO 147
8.1 Introdução 147
8.2 Tratamento e análise do perfil das respostas antes do ensino 147
8.2.1 Até onde chega a luz dos faróis de um automóvel 147
8.2.2 Relação entre a distância percorrida pela luz durante o dia e durante a noite 149
8.2.3 Cor dos objectos 151
8.2.4 Lentes convergentes 154
8.2.5 Reflexão da Luz 155
8.2.6 Refracção da luz 159
8.2.7 Mecanismo de visão 160
8.3 Avaliação da eficácia da alteração conceptual através do trabalho experimental 162
8.3.1 Comparação das categorias das respostas antes e após o ensino 162
8.3.1.1 Até onde se propaga a luz dos faróis de um automóvel numa estrada rectilínea 163
8.3.1.2 Relação entre a distância percorrida pela luz de uma lanterna num dia de sol e numa noite sem luar 164
8.3.1.3 Cor dos objectos 164
8.3.1.4 Princípio de funcionamento de uma lente convergente 166
8.3.1.5 Um feixe de luz que entra numa sala 167
8.3.1.6 Profundidade aparente do fundo de uma tina com água 169
8.3.1.7 Mecanismo de visão 170

CAPÍTULO IX 171

CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES DO TRABALHO EXPERIMENTAL NO PROCESSO ENSINO - APRENDIZAGEM 171
9.1 Introdução 171
9.2 Síntese das conclusões da investigação 172
9.3 Implicações para o ensino da Física 177

BIBLIOGRAFIA 179

AGRADECIMENTOS

Depois de concluído o trabalho, quero aqui expressar o meu reconhecimento a todos aqueles que pelo seu contributo, o tornaram possível:

Ao meu orientador, professor Doutor Manuel Joaquim Marques, pela permanente e imprescindível orientação que dedicou ao trabalho e pela disponibilidade em me receber sempre que o solicitei, algumas vezes com prejuízo da sua vida pessoal.

À minha mulher e aos meus filhos que sempre me apoiaram com palavras de encorajamento e estímulo.

Aos professores Júlia Branco e Teresa Canavarro, por se terem disponibilizado a participar no projecto e pelo empenho demonstrado na sua aplicação.

Ao Presidente da Comissão Executiva da Escola Secundária Camilo Castelo Branco, professor José Fortunato da Costa Leite, por ter permitido a implementação do estudo.

RESUMO

A finalidade deste trabalho, consiste na implementação de uma estratégia de alteração conceptual para alunos do 8º ano, através do trabalho experimental em Física e, pode dividir-se em cinco partes:

1 – Inventário de algumas concepções alternativas, identificadas por diversos investigadores nos conceitos abordados neste nível de ensino.

2 – Desenvolvimento teórico dos conceitos inseridos nas unidades: Som e Audição, Luz e Visão, Produção, Transporte e Distribuição da Electricidade e Nós e o Universo.

3 – Identificação das concepções alternativas dos alunos envolvidos no estudo.

4 – Exploração dos conceitos ao nível do 8º ano, através do trabalho experimental.

5 – Comparação da eficácia da implementação do trabalho experimental como mudança conceptual, em relação à metodologia tradicional, nas unidades Som e Audição e Luz e Visão.

Como referimos mais do que uma vez ao longo da tese, a construção das ideias prévias, a maior parte delas não condizentes com os conceitos científicos, começa muito antes dos alunos frequentarem a escola.

Cabe ao professor desenvolver estratégias que provoquem a mudança conceptual, de modo a que os alunos reestruturem as suas ideias e passem a utilizar sistematicamente nos diversos contextos, as ideias cientificamente aceites.

Ao implementarmos este projecto, que envolveu cinquenta e dois alunos e dois professores com a metodologia de alteração conceptual e, vinte e cinco alunos e um professor com a metodologia mais tradicional, procuramos ter em conta estes pressupostos.

A análise qualitativa e quantitativa dos resultados obtidos, parece apontar para uma maior eficácia da metodologia orientada para a mudança conceptual através do trabalho experimental, relativamente ao ensino tradicional.

Reconhecemos que este estudo é limitado. Todavia os resultados obtidos, demonstram que quando se proporciona aos alunos a oportunidade de expor as sua ideias, discuti-las e testá-las, a aprendizagem dos conceitos é mais significativa, possibilitando uma reestruturação cognitiva mais coerente e mais de acordo com as ideias científicas aceites.

ABSTRACT

The purpose of this work was to apply a strategy of conceptual change for students of the 8th year, through experimental work in Physics. It can be divided into five parts:

1 – To list some alternative conceptions, identified in the concepts that are approached in this level of teaching by several investigators.

2 – Theoretical development of the concepts introduced in the units: Sound and Audition, Light and Vision, Production, Transport and Distribution of Electricity and We and the Universe.

3 – Identification of the alternative conceptions of the students involved in the study.

4 – Exploration of the concepts at the level of the 8th year through experimental work.

5 – Comparison of the effectiveness in the application of experimental work as a conceptual change with the traditional methodology in the units: Sound and Audition, Light and Vision.

As we have referred more then once in this thesis, the construction of previous ideas, most of them are not in keeping with the scientific concepts, begins before students attend school.

It's the teacher's role to develop strategies that promote the conceptual change so that students can reorganize their ideas and begin to apply the accepted scientific ideas systematically in the different contexts.

When we put into practice this project, which involved fifty two students and two teachers working with the conceptual change methodology, and twenty five students and one teacher working with the most traditional methodology, we tried to bear in mind these presuppositions.

The qualitative and quantitative analysis of the obtained results seems to point toward a bigger effectiveness of the methodology directed to a conceptual change through the experimental work, in comparison with the traditional teaching.

We recognize that this study is limited, yet the obtained results show that when the students are given the opportunity to express their ideas, discuss and test them, the learning of the concepts is more significant, allowing a more coherent cognitive reorganization and closer to the accepted scientific ideas.

RÉSUMÉ

Le but de ce travail est d'exécuter une stratégie de modification conceptuelle pour les élèves de 4ème année, à travers le travail expérimental en Physique et il se divise en cinq parties:

1 – Inventaire de quelques conceptions alternatives, identifiées par différents investigateurs, dans des concepts étudiés en 4ème année.

2 – Développement théorique des concepts introduits dans les Unités Son et Audition, Lumière et Vision, Production, Transport et Distribution d'Électricité et Nous et l'Univers.

3 – Identification de conceptions alternatives chez les élèves engagés à l'étude.

4 – Exploitation des concepts, en 4ème année. À travers le travail expérimental.

5 – Comparaison de l'efficacité de l'exécution du travail expérimental, étant à l'origine de la modification conceptuelle, par rapport à la méthode traditionnelle, dans les Unités Son et Audition et Lumière et Vision.

Comme on a dit tout le long de cette thèse, la formation d'idées préconçues, dont la majorité n'a rien à voir avec les concepts scientifiques, commence bien avant la rentrée à l'école.

C'est le professeur qui doit développer des stratégies qui suscitent la modification conceptuelle, de telle façon que les élèves réorganisent leurs idées et commencent à utiliser systématiquement, en différant situations, les idées considérées scientifiques.

En exécutant ce projet, ayant comme intervenants cinquante-deux élèves et deux professeurs qui ont suivi la méthode de modification conceptuelle et vingt-cinq élèves et un professeur qui ont suivi la méthode traditionnelle, on a essayé de tenir compte de ces présuppositions.

L'analyse qualitative et quantitative des résultats obtenus semble indiquer que la méthode orientée vers la modification conceptuelle à travers le travail expérimental est plus efficace par rapport à la méthode traditionnelle.

On admet comme vrai que cette étude est limitée, toutefois les résultats obtenus prouvent que si l'on donne aux élèves l'opportunité de présenter, discuter et expérimenter leurs idées, l'apprentissage des concepts est plus marquante, permettant aussi une réorganisation, au niveau cognitif, plus cohérente et en conformité avec les idées considérées scientifiques.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 Justificação do trabalho

Desde muito cedo que os jovens contactam com a ciência, seja através da comunicação social, da informática ou de outros meios. Acontece, porém, que, muitas vezes, na escola, apenas são confrontados com a Física ou com a Química do giz, assistindo, quando muito, a demonstrações feitas pelo professor e participando muito pouco na planificação e discussão dessas demonstrações. Isto resulta da pouca formação dos professores no âmbito do trabalho experimental e/ou da falta de material adequado, apesar de, na maioria das escolas, existir muito material que muitos professores desconhecem como funciona.

Esta lacuna está a começar a ser ultrapassada com os cursos do programa FOCO desenvolvidos pelas universidades e pelos projectos de ciência viva que permitem ao grupo de professores das escolas que se candidatam, elaborar os projectos e adquirir o material adequado ao seu desenvolvimento.

O trabalho experimental é uma estratégia muito importante no processo de ensino/ aprendizagem; há, porém, várias perspectivas de o encarar de entre as quais se destacam: a tradicional, o ensino pela descoberta e o método investigativo.

A finalidade do ensino tradicional é comprovar a teoria; assenta na concepção behaviourista do estímulo resposta; a construção do conhecimento científico é feita por um método único e universal, e consiste num conjunto de regras fixas; os alunos são desprovidos de quaisquer ideias, como se fossem folhas de papel em branco, cabendo ao professor o papel de dar a informação necessária e avaliar como ela foi recebida ou entendida. É dada muito pouca importância ao trabalho experimental, limitando-se os alunos a seguir os protocolos como se fossem receitas de cozinha ou a observar as demonstrações efectuadas pelo professor.

No ensino pela descoberta, o papel do professor é reduzido, competindo ao aluno a responsabilidade pela sua própria aprendizagem, planificando e desenvolvendo experiências, construindo o seu conhecimento através- dos seus êxitos e fracassos. Esta estratégia está hoje posta em causa, não só porque é morosa, mas, sobretudo, porque a maior parte dos alunos nada aprende de novo devido à sua dificuldade em investigar por si mesmo.

O método investigativo assenta numa visão construtivista do conhecimento científico, que se baseia em hipóteses e conjecturas; neste contexto, contrariamente ao ensino formal, a aprendizagem assenta nas ideias dos alunos, cabendo ao professor estimular os alunos a expor as suas ideias e a estimular a alteração das suas concepções quando estas se mostram erradas. Existem várias formas de detectar as concepções dos alunos: "*entrevistas, questionários, diálogos, etc.)*. Cabe ao professor planificar actividades que estimulem os alunos a expor e a debater as suas ideias, e planificar experiências que as comprovem. É nesta perspectiva que o trabalho experimental assume outra importância: é motivador, principalmente para os alunos mais jovens, desenvolve o espírito de cooperação e diálogo ao permitir expor e confrontar ideias, contribuindo assim eficazmente para a socialização, para além de desenvolver e reformular conceitos, enriquecendo assim a sua aprendizagem conceptual.

Em face desta importância, este trabalho consta da planificação de actividades experimentais em Física para os alunos do 8º ano, tendo-se procurado um equilíbrio entre o tempo disponível, os recursos e a estrutura dos protocolos, porém sempre numa perspectiva de mudança conceptual.

Num processo de ensino - aprendizagem, os alunos não devem seguir os protocolos como receitas de cozinha, mas antes tomar parte activa no seu planeamento. No entanto, com o tempo disponível, não é possível satisfazer completamente este pressuposto; porém, em todas as actividades, os alunos devem expor previamente as suas ideias, investigar e confrontar os resultados com as ideias iniciais, por forma a alterar aquelas que não estão de acordo com os conceitos científicos e adquirir novos conceitos que aplicarão a novas situações.

1.2 Objectivos do estudo

Uma atenção particular no ensino das ciências nos níveis mais baixos de escolaridade pode evitar que os jovens desenvolvam e consolidem ideias não científicas que podem constituir obstáculos à sua aprendizagem em outros níveis de escolaridade.

É no 8º ano do ensino básico que as crianças se confrontam pela primeira vez com os conceitos de Física, apesar de já terem interiorizado muitas ideias com que pretendem explicar as mais diversas situações que se lhes deparam no dia a dia, sendo então indispensável um trabalho no sentido de alterar as concepções alternativas entretanto criadas e evitar que outras se desenvolvam.

Na disciplina de Físico Química, a Física é constituída por quatro áreas disciplinares: Som e Audição, Luz e Visão, Produção, Distribuição e Utilização da Electricidade e Nós e o Universo, devendo estas áreas temáticas ocupar metade do ano lectivo.

Com este trabalho, pretende-se implementar e avaliar a eficácia do trabalho experimental no ensino das ciências em geral e da Física em particular.

Para além dos trabalhos em grupo realizados pelos alunos fora dos tempos lectivos, mas discutidos e analisados na aula, o processo ensino/aprendizagem assenta em três tipos de trabalhos experimentais: demonstrações, ilustrações e pequenas investigações.

São propósitos deste trabalho:

Identificar as concepções dos alunos do 8º ano, a nível dos conceitos de som e audição, luz e visão, electricidade e astronomia.

Implementar uma metodologia construtivista no processo ensino/aprendizagem.

Analisar a eficácia da metodologia.

Optou-se por organizar sequencialmente as unidades de Física: Som e Audição, Luz e Visão, Produção, Distribuição e Utilização da Electricidade e, por último, Nós e o Universo.

Como o modelo ondulatório é necessário para dar suporte às unidades de Luz e Visão e do Som e Audição, entendeu-se iniciar o estudo da Física pelo Som e Audição, introduzindo aqui o modelo ondulatório por ser mais fácil ilustrar com o som, certos fenómenos ondulatórios familiares, e no final, estender o modelo à luz e visão, pois parece-me que passar directamente do estudo das ondas na tina de água para as ondas electromagnéticas é uma transição demasiado brusca e com pouca eficácia pedagógica.

1.3 Plano Geral da Tese

Em termos gerais, esta dissertação é constituída por oito capítulos.

No primeiro capítulo, faz-se a introdução à tese, no segundo a contextualização e apresentação do estudo e a caracterização das turmas envolvidas no projecto.

Nos terceiro, quarto, quinto e sexto capítulos, desenvolvem-se as unidades do Som e Audição, Luz e Visão, Electricidade e Nós e o Universo.

Nestes capítulos, identificam-se as concepções alternativas identificadas por vários investigadores e as identificadas nos nossos alunos, apresentando-se sobre cada um dos conceitos um desenvolvimento teórico.

Apesar de se planificar e desenvolver todo o programa do 8º ano, na tese apenas se inclui o desenvolvimento das estratégias e a discussão da sua eficácia em relação às unidades Som e Audição e Luz e Visão.

CAPÍTULO II

CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO APRENDIZAGEM

2.1 Introdução

A ciência foi, desde sempre, o motor do desenvolvimento da humanidade; porém, é a partir do século XX que surgem as grandes inovações científicas e tecnológicas que permitiram uma melhoria significativa do nível de vida.

Vivemos numa sociedade de informação, do conhecimento múltiplo e da aprendizagem contínua; nesta sociedade a escola não é a primeira, nem muitas vezes, a principal fonte de conhecimentos dos alunos, os quais, tal como toda a sociedade, são constantemente bombardeados pelas diferentes fontes de informação, com uma informação fragmentada e a maior parte das vezes muito deformada.

Para dar uma formação científica aos alunos, não é papel da escola fazer deles uns meros repetidores de informação, mas sim dar-lhes a capacidade de a compreender, interpretar e a aplicar a novos contextos, garantindo a relevância do que se ensina com o desenvolvimento tecnológico e científico, de modo a garantir a compreensão do mundo em que vivemos.

A Física tem um papel importante naquela formação, ao contribuir para o desenvolvimento cognitivo dos alunos, preparando-os para a vida activa, de modo a serem capazes de tirar partido do desenvolvimento científico e tecnológico e assumirem a responsabilidade de cidadãos esclarecidos e conscientes, na gestão e preservação dos recursos, do meio ambiente ou da qualidade de vida.

2.2 Investigação no processo ensino - aprendizagem

2.2.1- Progresso Científico e Tecnológico e Ensino das Ciências

Num tempo em que os conhecimentos crescem a um ritmo vertiginoso, a escola não pode limitar-se a transmitir os saberes centrados nos conteúdos (Giordan e Vecchi, 1988), sob pena de formar cidadãos desligados e sem capacidade para acompanhar o progresso científico.

Estudos realizados nos Estados Unidos da América e na Europa mostraram que a maior parte do saber científico ensinado durante a escolaridade se esquece ao fim de poucos anos ou

mesmo poucas semanas, sendo hoje consensual que qualquer educação deve ter como objectivo formar cidadãos capazes de adquirirem novos saberes e de se adaptarem a novas situações (Freire *et al*, 1982).

Sendo a sociedade actual marcada por rápidas e bruscas mutações, para que o aluno não se sinta perdido, deve a escola, em primeiro lugar, aprender a seleccionar os conhecimentos, a geri-los, a estruturá-los e a conhecer os seus campos de validade (Giordan e Vecchi, 1988). Para estes autores, conhecer não é reter temporariamente um conjunto de noções, mas antes ser capaz de utilizar o que aprendeu, mobilizando-o para resolver um problema ou clarificar uma situação, construir modelos e relacionar conceitos interdisciplinares.

Neste contexto, a Física e Química são áreas privilegiadas face às actuais exigências científicas e tecnológicas. Na introdução aos novos programas de Física e Química do Ensino Básico, pode ler-se *"Face às características acentuadamente tecnológicas da maioria das sociedades actuais, incluindo a nossa, e face à influência crescente da Ciência e Tecnologia na configuração das condições de vida e da humanidade, a educação em Físico – Química a nível do Ensino Básico tem hoje de ser equacionada como forma de contribuir para a formação de cidadãos esclarecidos ..... que tenham ..... uma actuação cientificamente esclarecida e [sejam] capazes de se tornar intervenientes responsáveis na resolução dos problemas do dia a dia" (DGEBS, 1991, p 7)*

Para desempenhar eficazmente o novo conceito de ensino, os professores de Física têm que abandonar o modelo tradicional do ensino, que assenta numa perspectiva estática de transmissão de um corpo de conhecimentos estáticos e meramente repetitivos (Freire *et al*, 1982), que em pouco ou nada contribui para a formação de cidadãos aptos a intervir eficaz e conscientemente numa sociedade em rápido desenvolvimento, desbaratando assim todas as capacidades dos alunos (Gil Perez, 1983, Cachapuz e Martins 1991).

É então imperativo repensar o ensino das ciências e alterar as práticas a ele associadas (Pozo e Crespo, 1981) de forma a ajudar os alunos a adquirirem um suporte científico que os torne capazes de compreender o mundo que os rodeia, pois, caso contrário, estamos a formar analfabetos funcionais.

2.2.2 Concepções alternativas e o ensino - aprendizagem das ciências

Investigações levadas a cabo em alunos dos vários graus de ensino têm demonstrado que a maior parte das ideias intuitivas, também conhecidas por ideias alternativas, presentes

antes do ensino formal, prevalecem depois desse ensino, o que prova que o ensino tradicional contribui muito pouco para a assimilação dos conceitos básicos de Física.

Surgiu então um novo paradigma na didáctica das ciências – a aprendizagem por "mudança conceptual" (Gil Perez, 1993) nasceu não só das novas filosofias da ciência, mas também das teorias cognitivistas/construtivistas em contraponto à aquisição conceptual ainda dominante, de matriz empirista/indutivista.

No ensino formal, as concepções alternativas são obstáculos à interiorização dos conceitos cientificamente correctos e, por conseguinte, é-lhes atribuída a causa do insucesso escolar, enquanto que, na teoria cognitivista/construtivista, é-lhes atribuída uma conotação positiva e constituem estruturas de ancoragem na construção do conhecimento científico.

2.2.3 Mudança conceptual

Para alguns autores, é indispensável compreender o processo de mudança conceptual para, dessa maneira, se poderem criar as condições que possibilitem essa alteração.

Autores como Bruner e Vigotsky chamam a atenção para a influência do meio sócio – cultural na aprendizagem, no qual construímos esquemas que nos ajudam a compreender determinados conceitos.

Estas ideias alternativas que são construídas ao longo da vida, em interacção com a sociedade envolvente, resultam das experiências físicas, de relações sociais e afectivas, e são esquemas conceptuais coerentes, com amplo poder explicativo e, por isso, muito resistentes à mudança, prevalecendo, muitas vezes, a par com os conceitos cientificamente mais correctos.

As concepções alternativas podem ter um papel negativo quando se mantêm inalteradas ou quando, apesar do aluno interiorizar o conceito científico que utilizará na escola, nunca o aplica nas situações do quotidiano, mantendo assim dois conceitos: aquele que tem que utilizar na escola e o que lhe serve para explicar os fenómenos fora dela; não obstante isso, as concepções alternativas são positivas quando são o veículo para a mudança conceptual em que as novas ideias são aceites e substituem definitivamente as ideias prévias sobre a questão em causa (Moreno e Moreno, 1989).

O processo cognitivista/construtivista dá mais liberdade ao aluno, incentiva a criatividade, desenvolve o espírito crítico responsabilizando-o na sua aprendizagem; porém, o papel do professor não é diminuído; antes pelo contrário, tem um papel determinante para enriquecer as aprendizagens conceptuais dos alunos (Vygotsky, 1934). Ele assume muito

maior importância, deixa de ser aquele que controla tudo e despeja informação, passa a ser mediador e estimulador da construção do conhecimento, deve identificar as concepções alternativas, socorrendo-se não só das investigações já levadas a efeito, mas sobretudo identificá-las nos seus próprios alunos. Deve planear actividades e problemas com relevância e sentido, provocar o conflito conceptual de modo a que estes abandonem progressivamente as ideias alternativas e as substituam por outras mais aceites, incentivando-os a aplicarem as novas ideias a contextos diferentes.

Para implementar este processo de ensino - aprendizagem, o professor deve utilizar várias estratégias. No entanto, cada uma delas tem que assentar nas ideias dos alunos, sejam elas alternativas ou não, incentivar o confronto de todos os intervenientes no processo, promovendo a discussão crítica, propondo aos alunos para as testarem e, no final, fazer feed-back com as ideias prévias, de modo a criar o conflito conceptual, que possibilite a reestruturação dos seus esquemas cognitivos .(Perez, 1983).

Segundo Piaget, a aprendizagem resulta da assimilação e da acomodação, devendo o professor arranjar estratégias que levem o aluno a experimentar insatisfação em relação às suas ideias anteriores.

O processo é gradual, e as concepções alternativas apenas serão rejeitadas se fracassarem na tentativa de explicarem as novas situações e os novos conceitos. Estes devem ser inteligíveis e plausíveis para poderem ser aplicados em situações futuras, pois, caso contrário, há uma regressão e, novamente, os conceitos prévios substituem os científicos.

A figura 2.1, esquematiza uma

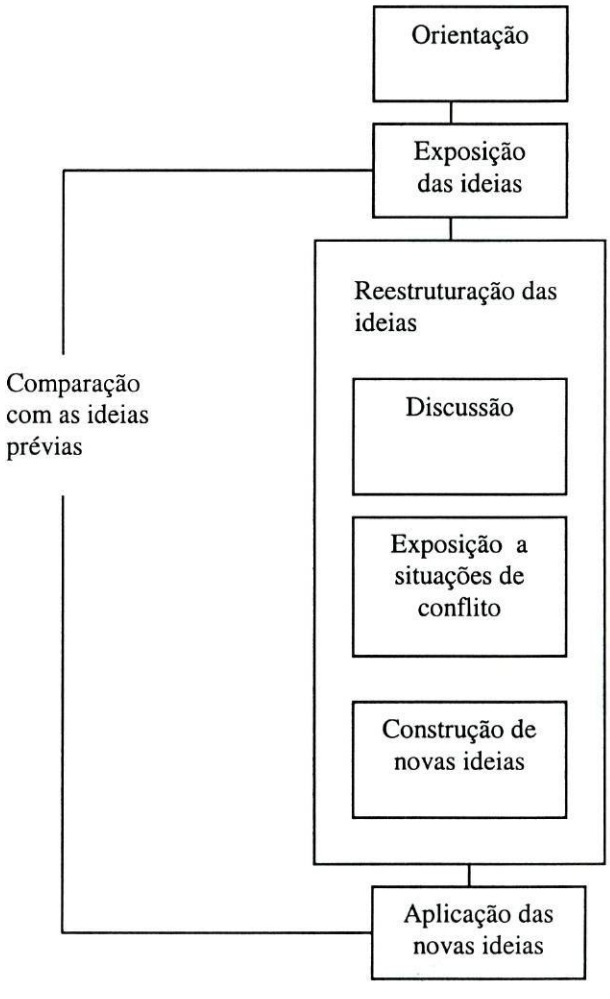


Figura 2.1 - Estrutura geral de uma sequência de ensino. Adaptada de (Driver, R, 1987), II Congresso Internacional sobre Investigacion en la Didáctica de las Ciências y las Matemáticas, Valência 23-25 septiembro de 1987.

sequência de actividades para implementar a mudança conceptual a partir das ideias dos alunos

2.3 Trabalho experimental

No ensino básico e secundário, o Trabalho Experimental em termos tradicionais é pouco importante para proporcionar aprendizagem significativa (Hodson, 1993, Barberá e Valdez, 1996), podendo mesmo gerar alguma confusão conceptual nos alunos (Hodson, 1993).

Porém, alguns professores consideram, mesmo assim, que os alunos aprendem melhor por estarem em actividade e menos propensos a distraírem-se. Esta perspectiva é muito deficiente e pode promover nos alunos uma visão deturpada da ciência, conduzindo a maior parte das vezes à solução única do professor, sem que os alunos tenham qualquer liberdade da a questionar (Cachapuz *et al*, 1999).

É então imperioso reformular este conceito de trabalho experimental, pois resultados da investigação educacional concluem que é uma componente insubstituível no processo de ensino/aprendizagem.

Porém, este não deve ter como finalidade comprovar ou descobrir uma lei ou uma teoria. Estas devem ser expostas aos alunos nas aulas teóricas ou no início da actividade, cabendo-lhes, então, a visualização e confirmação das mesmas, e fazer a ligação entre os factos observados e os conceitos.

Para Cachapuz, o trabalho experimental divide-se em três categorias: demonstrações qualitativas e ilustrativas, verificações e pequenas investigações: a fronteira entre as demonstrações e as verificações é pouco nítida, sendo delineada em conformidade com a gestão dos equipamentos e dos tempos disponíveis.

As demonstrações são experiências simples e directas que permitem proporcionar aos alunos o conhecimento didáctico de determinados fenómenos para a compreensão de conceitos abstractos ou ilustrar conceitos teóricos para os tornar mais significativos (Viñas e Lozano, 1994).

As pequenas investigações são actividades mais complexas e menos directas, permitem um maior grau de abertura (Cachapuz *et al*, 1999) e requerem um controle de variáveis qualitativas e quantitativas, a realização de medidas e o tratamento de dados.

Para se alcançar o sucesso no T. E., deve o professor reflectir sobre os objectivos que pretende alcançar e planificar as actividades de modo a que os alunos sejam os agentes principais da construção do seu conhecimento.

Na aplicação da estratégia do ensino experimental em Física, para alunos do 8º ano, é nosso propósito que estes tenham uma noção clara do que fazem e porque o fazem, procurando relacionar a teoria com a prática, dando maior relevância a esta última, discutir as suas concepções alternativas, de modo a gerar o conflito conceptual e a serem eles próprios a sentir a necessidade de reformularem as suas ideias.

Nesta perspectiva é proposta a seguinte metodologia:

1. Apresentação do problema pelo professor.
2. Apresentação de hipóteses pelos alunos e sua fundamentação.
3. Planificação da actividade experimental.
4. Análise dos resultados em conformidade com os conhecimentos actuais.
5. Discussão dos resultados e contradição com as hipóteses iniciais.
6. Aplicação do conceito a novas situações.

2.4 Caracterização das turmas

A implementação da metodologia de mudança conceptual, através do trabalho experimental, foi aplicada em turmas do 8º ano da Escola Secundária Camilo Castelo Branco, de Vila Real, pelo próprio autor (E1) e por uma professora estagiária (E2), acompanhada de muito perto pelo autor por ser simultaneamente orientador de estágio. Uma outra turma da mesma escola, de controlo (C), foi submetida a um tipo de ensino mais próximo do tradicional, sem nela termos qualquer tipo de intervenção.

	Freq. a pré primária		Toca instrum. Musical		Gosta de ler		Onde vive		Ex emigrante	
Turma	Sim	não	Sim	Não	Sim	Não	Aldeia	Cidade	Sim	Não
E1	24	3	6	21	18	9	10	17	2	25
E2	22	3	8	17	21	4	10	15	1	24
C	22	3	9	16	17	8	9	16	2	23
Idade em 1/9/2000	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos	16 anos					
E1	7	9	8	2	1					
E2	5	16	3	0	1					
C	2	17	4	2						

Tabela 2.1 - Dados referentes aos alunos

Como o meio sócio - económico pode ser um factor importante no sucesso escolar, caracterizaram-se as turmas envolvidas no estudo, em conformidade não só com os seus interesses, mas também com o meio social em que se integram.

As vivências dos alunos são muito semelhantes, não só em relação à frequência do ensino pré primário, como também ao gosto pela música e pela leitura.

Da análise da tabela 2.1, verifica-se que quase todos os alunos frequentaram o ensino pré-primário, e um elevado número alega tocar um instrumento e gostar de ler; porém, em conversa com os alunos da turma E1, constata-se que a maior parte dos que afirmam ler, a sua leitura limita-se às revistas com resumos de telenovelas ou revistas aos quadradinhos, panorama este que deve ser idêntico nas outras turmas.

Verifica-se, também, que a maior parte dos alunos vive na cidade, apenas 38% vive num meio rural.

Turma	Não completou o 1º ciclo	1º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	Secundário	12º ano	Ens. Super.
E1	2	9	10	10	3	10	10
E2	2	10	7	7	5	11	7
C	3	16	5	8	4	6	6

Tabela 2.2 - Habilitações literárias dos pais

No entanto existem algumas diferenças no meio sócio económico. Em média, os alunos das turmas experimentais são provenientes de um estrato económico um pouco superior ao dos alunos da turma de controlo, não apenas nas habilitações literárias dos pais, mas sobretudo na actividade profissional.

Turma	Empregado	Desempregado	T.independente	Pensionista	Falecido
E1	41	7	4	2	0
E2	33	10	4	1	1
C	35	8	5	0	2

Tabela 2.3 - Situação profissional dos pais

Ainda que o número de pais desempregados seja muito próximo, uma grande percentagem dos pais da turma de controlo trabalha na construção civil, enquanto que as mães são domésticas ou trabalham à hora na limpeza. Muitos dos pais dos alunos das outras turmas são funcionários públicos, empregados do comércio ou bancários, ainda que alguns também trabalhem na construção civil e muitas das mães sejam também domésticas.

A maior parte dos alunos vive com os pais, em agregados familiares muito pequenos, optando a maioria dos casais por ter apenas um ou dois filhos a exemplo do que acontece na actual sociedade ocidental.

Turma	0	1	2	3	4	5
E1	4	16	5	0	1	1
E2	2	16	3	4	0	0
C	3	17	4	1	0	0

Tabela 2.4 - Número de irmãos

Turma	c/ os dois pais	Apenas c/ um dos pais	Outros familiares	Lar
E1	25	2	0	0
E2	22	3	0	0
C	22	0	2	1

Tabela 2.5 - Com quem vivem os alunos

Os factores sócio - económicos são um dos parâmetros que influenciam o desenvolvimento cognitivo; porém, não é nosso objectivo, neste trabalho, estudar a importância destes parâmetros no sucesso / insucesso escolar.

CAPITULO III

SOM E AUDIÇÃO

3.1 Introdução

O som foi talvez um dos temas que mais cedo preocupou os estudiosos dos fenómenos da natureza de todas as civilizações.

Demócrito (420-377 A. C.) dava a seguinte explicação para a propagação do som:

"O ar é constituído por corpos de igual forma e é arrastado juntamente com os fragmentos da voz: as partículas de som deixam marcas no ar, que se propagam em todas as direcções e então o ar entra no espaço vazio e causa movimento"(M. H. Caldeira *et al*, 1991).

Para Aristóteles (384-322 A.C.), o som resulta da colisão entre corpos sólidos, da qual resultam sucessivas contracções e expansões que se propagam no ar, do mesmo modo que uma onda circular resulta da queda de uma pedra na água calma, dando assim os primeiros passos para a construção da futura teoria ondulatória.

O pensamento de Aristóteles exerceu uma profunda influência nos mais variados domínios do conhecimento durante toda a idade média e só começou a ser contestado a partir de meados do século XVI por Copérnico, Galileu, Newton e outros; porém, em relação ao conceito do som, no século XVIII, houve algum retrocesso, por as mais variadas ideias e opiniões surgidas, por essa altura, estarem muito distantes dos conceitos actualmente aceites.

Lamarck defendia em 1799 a existência de uma matéria própria do som, definindo-a como um fluido extremamente subtil, penetrante e elástico, pondo assim em causa ideias anteriormente desenvolvidas.

Outros afirmavam que embora o som se propagasse nos sólidos ou na água, o seu meio privilegiado de propagação era o ar e só se propagava na água, porque existia ar entre as suas partículas. Só a partir do século XIX, é que o som passa a ser definido como uma sensação produzida no ouvido, por uma vibração de corpos, que se propaga em meios elásticos, desde a fonte até ao ouvido.

Com avanços e recuos, o conceito actual do som demorou milhares de anos a ser construído, não sendo de admirar as concepções alternativas que interiorizamos ao longo da vida, muitas das quais contrariando mesmo o que é óbvio e que poderão assentar no ensino formal, nos meios audio-visuais e em alguns filmes de ficção científica.

3.2 Investigação de algumas ideias dos alunos sobre o som e audição

As mais diversas investigações em educação consideram que os alunos desenvolvem desde muito cedo ideias sobre os mais variados assuntos, que procuram relacionar com as situações que se lhes deparam, construindo um esquema conceptual aparentementecoerente e de amplo poder explicativo (Villagré e Caballero, 1995)

Estas ideias são conhecidas de qualquer professor e deverão ser o ponto de partida para promover o desenvolvimento dos alunos, num processo gradual de alteração daqueles conceitos em direcção aos conceitos científicos.

Há ainda pouca investigação dos conceitos do som no processo de ensino/ aprendizagem, por serem ainda uma "novidade" relativamente às abordagens do ensino da Física, apesar de grande parte dos alunos contactar, desde muito cedo, com fenómenos acústicos, quer tocando qualquer instrumento musical, quer assistindo a concertos.

M. H. Caldeira *et al* publicaram, na Gazeta da Física em 1991, um estudo de algumas ideias dos alunos sobre o som, antes e após o ensino destes conceitos, de entre os quais se destacam:

- Quando se percute uma corda de viola, esta vibra e faz vibrar o ar.
- Ao soprar numa flauta o ar produz vibrações.
- Nem todos os corpos produzem sons.
- Uma campainha dentro de água não toca porque a água não tem ar.
- As moléculas de som propagam-se até entrar nos nossos ouvidos.
- O som é um conjunto de partículas.
- O som propaga-se no ar porque este é elástico.

Podemos então concluir que os esquemas construídos por alguns alunos pressupõem que o som é uma substância. Têm também dificuldade em compreender que o som se propaga em meios diferentes do ar, e explicam a sua propagação, com base numa teoria corpuscular "*as moléculas do som propagam-se até entrar nos nossos ouvidos*"

A fim de implementar o processo de ensino aprendizagem, procurou-se detectar nos alunos em que o processo vai ser implementado e na turma de controlo uma ficha de diagnóstico cujos resultados estão no apêndice, onde se procurou inventariar as suas ideias, tendo-se constatado que são muito semelhantes às detectadas por M. H. Caldeira *et al.*

Apesar de a maior parte dos alunos referir que o som se propaga através de ondas, muitos deles têm não só dificuldade em esquematizar como é que as ondas se propagam, mas também em explicar como se produz o som, ainda que alguns deles afirmem que o som

aparece quando batemos num corpo, não referindo nunca a vibração das partículas e que essa vibração se transmite às partículas do meio.

Quinze por cento dos alunos construíram um modelo corpuscular, o som é formado por partículas que se propagam:

"O som transmite-se através de partículas que se propagam".

"O som propaga-se através de partículas que se expandem devido à atmosfera".

"O som não se propaga na Lua porque no vácuo não podem existir partículas de som".

"As partículas de som transmitem-se mais depressa no carril do que no ar".

Na segunda questão, em que se pedia para representarem a forma como o som se propaga desde a fonte até ao detector, alguns representam-no como partículas, outros como ondas. Cinquenta por cento daqueles que afirmam que o som se propaga, através de ondas, representavam-nas por arcos de círculo, cujo comprimento diminui à medida que se aproxima do ouvido, até atingirem as dimensões do canal auditivo para nele penetrar.

Em relação à audição através da porta entreaberta, tal como se previa nenhum dos alunos fez referência à difracção, não obstante dois alunos se aproximarem bastante dessa representação. Porém, parece-me que foi mais por mero acaso do que por convicção. Para a maioria dos alunos, as ondas ou atravessavam as paredes como se estas não existissem, ou desviavam-se dos obstáculos, ou ainda chegam ao detector através de reflexões sucessivas.

Quanto ao meio em que as ondas se propagam, grande parte dos alunos tem a noção de Aristóteles, afirmando que o meio mais privilegiado para a propagação do som é o ar:

"O som apenas se propaga no ar".

"Na água não há ar e assim não permite que o som seja transmitido para fora de água".

"O som propaga-se na água porque esta contém ar que leva o som".

"A água abafa o som porque não tem oxigénio".

Para explicarem as suas ideias sobre a propagação ou não propagação do som na água, apresentam-se aqui algumas respostas, algumas delas associadas ao eco:

"O som fica concentrado num sítio devido à pressão da água".

"Na água não há eco e por isso não se ouve".

"O som não consegue atravessar a barreira de água".

"Não se consegue ouvir porque a matéria é diferente e há quebra na passagem da água para o ar".

Estas duas últimas afirmações poderão significar que estes alunos já têm uma noção da reflexão na superfície de separação entre a água e o ar.

"Sim, o som produzido pela campainha faz eco dentro de água e assim o som propaga-se".

"A água solta bolhas e abafa o som da campainha".

"Acho que não, porque já tentei isso e não ouvi nada".

Estas respostas contradizem as suas próprias experiências, pois, em conversa com os alunos no final da resolução da ficha, afirmavam que, quando batiam com duas pedras na piscina, se ouvia melhor dentro da água do que fora dela e, quando tomavam banho de imersão e batiam no fundo da banheira, tinham dificuldade em ouvir quando tinham a cabeça de fora da água, mas ouviam perfeitamente quando colocavam o ouvido dentro de água.

Reconhecem também que o som não se propaga na Lua, apresentando para isso as mais variadas justificações:

"A pressão na Lua é diferente da pressão na Terra".

"A atmosfera na Lua é tão grande que impede o som de sair".

"A gravidade não deixa o som propagar-se ".

"Os astronautas não ouvem o som da campainha porque estão a uma altura muito elevada".

"O espaço é enorme e não tem com que fazer eco".

"O som não se propaga porque não existe oxigénio".

Desconhece-se desta resposta se o aluno apenas associa a atmosfera ao oxigénio ou se existem outros gases, sendo o oxigénio o responsável pela propagação. Há também respostas para justificar a propagação do som na Lua devido ao eco.

"O som ouve-se na Lua, porque o espaço tem eco e o som da campainha com o eco é ouvido pelos astronautas".

Para a reflexão do som, também existem muitas ideias alternativas:

"O som bate na barreira que faz com que ele se repita".

"Quando acaba o som, o som da nossa voz repete-se".

"Existe eco em zonas com muito vento, na sala não há eco porque não há vento".

"O som propaga-se através do vácuo criando o eco e como dentro da sala existem objectos, este fica sem vácuo e não se pode propagar".

Aqui o conceito de vácuo é associado à ausência de objectos.

"Porque é uma sala pequena e, quando ouves o professor a falar, o som fica dentro da sala".

É de realçar no entanto a resposta de um aluno que está muito próxima do conceito científico.

"Não se consegue ouvir o eco dentro da sala, porque o som bate na parede muito depressa e o som ouve-se ao mesmo tempo".

No conceito de poluição sonora existe um grande consenso, pois a maior parte dos alunos associa-a a ruídos desagradáveis.

Apesar de todos os alunos estarem familiarizados com o efeito de Doppler no dia a dia, nenhum deles o referiu, relacionando a diferença do som ouvido quando o emissor está em movimento, com a variação da posição do emissor em relação ao detector.

"Quando o comboio tem velocidade está mais longe, por conseguinte o som é menos intenso".

Em relação à altura do som, quatro alunos aceitam que um som mais alto é mais agudo, porém nenhum deles associou a altura à frequência. A maioria, no entanto, associa a altura à intensidade do som, uma resposta típica deste grupo de alunos é:

" pedir o som mais alto é querer obter o mesmo som num volume superior ou seja aumentar a intensidade do som".

Na conversa, depois da resolução da ficha, verificou-se que esta ideia resulta da linguagem do dia a dia, *"põe a televisão mais baixa porque o som está muito alto" ou "o rádio está muito alto e incomoda os vizinhos".*

3.3 Alguns fundamentos teóricos sobre o som

3.3.1 O que é o som

O som é tudo o que impressiona o sentido do ouvido, resultando de uma qualquer perturbação mecânica num meio elástico que se propaga .

Em linguagem corrente, o conceito de som está relacionado com a audição. Sempre que uma onda elástica se propaga num gás, num líquido ou num sólido e chega ao ouvido, as ondas sonoras captadas pelo ouvido externo são conduzidas através do canal auditivo até ao tímpano, que entra em vibração, sendo essas vibrações amplificadas por uma cadeia de ossos (martelo, bigorna e estribo), sendo convertidas em impulsos eléctricos que são enviados ao cérebro através do nervo auditivo.

Factos da vida real demostram que o som não se propaga instantaneamente; assim, quando assistimos a um arraial ou uma trovoada, observamos primeiro a luz resultante da

explosão ou relâmpago e, só passados alguns instantes, ouvimos a explosão ou o trovão, o que demonstra que a velocidade de propagação é finita e menor do que a da luz.

3.3.2 Como se propaga o som

Contrariamente à luz, o som necessita de um meio de suporte para se propagar, líquido, sólido ou gasoso, não sendo possível ouvir qualquer som no vácuo. A sua velocidade de propagação no ar a 0 ºC tem o valor de 331,36 m/s; no entanto, a velocidade de propagação nos líquidos é superior e nos sólidos ainda maior.

3.3.3 O som não está apenas relacionado com a audição do homem

O ouvido humano, em média, apenas consegue ouvir os sons com a frequência compreendida entre 20 Hz e 20 kHz; no entanto, o espectro do som não está apenas compreendido neste intervalo.

Alguns animais como os insectos, morcegos ou mamíferos marinhos emitem sons de alta frequência (ultra sons) perceptíveis para eles, mas que o ouvido humano não consegue detectar.

No entanto, não são só os animais que utilizam os ultra-sons, eles são utilizados em medicina como meio de diagnóstico, ou para destruir tecidos com anomalias. Na navegação submarina, na detecção de cardumes, etc. (sonar).

Os infra-sons, com frequências inferiores a 20 Hz, podem ser provocados pelas vibrações de certas máquinas e actuam directamente nos órgãos internos do corpo provocando irritação nos terminais dos nervos. A exposição permanente aos infra-sons é extremamente perigosa para a saúde, principalmente porque sendo inaudíveis, não nos podemos precaver (Salgueiro e Ferreira, 1991).

3.3.4 Propagação de ondas

Onda é uma perturbação sobre uma condição de equilíbrio que se propaga de uma região para a outra, no decorrer do tempo; este conceito de uma perturbação, que se propaga sem conduzir matéria, mas, que conduz a energia, é muito importante.

Podemos classificar as ondas em dois grupos: ondas mecânicas e ondas electromagnéticas. Enquanto as primeiras necessitam de um meio de suporte, as segundas podem propagar-se no vácuo.

Considerando uma onda que se propaga numa única direcção, esta pode ser descrita por uma função arbitrária $y = f(x \pm vt)$. O sinal menos aparece quando a onda se propaga para a direita "sentido positivo" e o sinal mais, quando se propaga para a esquerda "sentido negativo".

A onda mais simples é uma onda harmónica e a sua função de onda pode assumir a seguinte forma:

$$y(x,t) = A\,\mathrm{sen}(kx \pm \omega t)$$

com:

$k = \dfrac{2\pi}{\lambda}$ em que k é o número de onda

$\omega = \dfrac{2\pi}{\tau}$ e ω a frequência angular.

As ondas sinusoidais são ondas periódicas no espaço e no tempo e, por conseguinte, são caracterizadas por um período espacial λ designado de comprimento de onda e um período temporal τ.

A velocidade com que a perturbação se desloca designa-se velocidade de propagação da onda, também conhecida como velocidade de fase, sendo esta positiva, quando a onda se desloca no sentido positivo e negativa, quando se desloca no sentido negativo.

Analisando o perfil de uma onda numa corda, verifica-se que o perfil da onda se mantém constante (a não ser que existam perdas de energia) à medida que a onda se propaga, ou seja, a fase $\varphi = (kx \pm \omega t)$, mantém-se constante.

Fazendo $\dfrac{d\varphi}{dt} = k\dfrac{dx}{dt} \pm \omega = 0 \Leftrightarrow v = \dfrac{dx}{dt} = \mp\dfrac{\omega}{k}$

Substituindo ω e k a expressão da velocidade assume a forma

$v = \dfrac{\lambda}{\tau}$.

A representação das funções de onda em termos de seno ou coseno torna os cálculos complicados em muitas situações, sendo então mais adequado utilizar a parte real de um número complexo:

$y(x,t) = \Re\left(Ae^{i(\omega t - kx)}\right)$ para ondas numa só direcção

$\psi(\vec{r},t) = \Re\left(Ae^{i(\vec{k}.\vec{r} \pm \omega t)}\right)$ para ondas tridimensionais.

Como se referiu anteriormente, as ondas mecânicas necessitam de um meio de suporte para se propagarem. São transversais, quando as oscilações são perpendiculares à direcção de propagação, e longitudinais quando as oscilações são paralelas à direcção de propagação. Enquanto as ondas longitudinais se podem propagar nos gases, nos líquidos e nos sólidos, as transversais apenas se podem propagar nos sólidos e à superfície dos líquidos em virtude de os gases e os líquidos não suportarem tensões de cisalhamento.

3.3.5 Ondas sísmicas

Os terramotos que ocorrem na Terra aos milhares todos os anos, alguns deles, infelizmente, devastadores, são aproveitados para o estudo da constituição da estrutura da Terra, devido ao facto das ondas sísmicas se propagarem com diferente velocidade nos diferentes materiais.

Estas ondas são do mesmo tipo das ondas sonoras. Têm origem no epicentro e dividem-se em dois grupos, cada uma deles com dois tipos de ondas: as ondas primárias P e as ondas secundárias S, que se propagam no interior da Terra, constituem as ondas volumares. As ondas Love e as ondas Rayleigh constituem as ondas superficiais, que, como o nome indica, se propagam à superfície.

Como as ondas P são longitudinais, propagam-se nos sólidos, líquidos e gases, sendo a sua velocidade de propagação muito superior à velocidade de propagação das ondas S, que sendo transversais, apenas se propagam nos sólidos, por os líquidos e os gases não suportarem tensões de cisalhamento. A diferente velocidade de propagação destas duas ondas permite localizar por triangulação o epicentro do sismo, com base no intervalo de tempo entre a chegada das ondas P e das ondas S, a pelo menos três sismógrafos.

Por outro lado, como as ondas S não penetram no núcleo da Terra e as ondas P não são muito refractadas pelo núcleo externo, permitiu aos geólogos concluir que o núcleo da Terra se divide num núcleo interior sólido e um exterior líquido.

Uma outra utilização das ondas sísmicas, aqui provocadas artificialmente com a ajuda de explosivos, é a localização de reservas de petróleo e gás natural.

3.3.6 Velocidade de propagação do som

Podemos determinar a que distância de nós se encontra uma trovoada, se medirmos o intervalo de tempo entre o relâmpago e o som do trovão, devido ao facto de a velocidade de propagação do som ser muito menor que a velocidade de propagação da luz.

A velocidade de propagação do som em qualquer meio material pode ser determinada, medindo o tempo que demora a percorrer determinada distância, utilizando um osciloscópio de duas entradas e dois microfones separados de uma distância *d* que não necessita de ser muito elevada. Outro método é determinar a velocidade a partir das ondas estacionárias.

3.3.7 Ondas estacionárias

Quando duas ondas sinusoidais com o mesmo número de onda e a mesma frequência angular se deslocam na mesma direcção e em sentidos contrários,

$Y_1 = A\,\mathrm{sen}(kx-\omega t)$ e $Y_2 = A\,\mathrm{sen}(kx+\omega t)$

pelo princípio de sobreposição, podemos adicionar as perturbações resultando uma onda estacionária $Y = [2A\,\mathrm{sen}\,kx]\cos\omega t$ com pontos em que não há vibração (nodos) e pontos em que a perturbação é máxima (ventres).

Atendendo que $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, nos nodos $\frac{2\pi}{\lambda}x = n\pi \Leftrightarrow x = n\frac{\lambda}{2}$,

nos ventres $\frac{2\pi}{\lambda}x = (n+\frac{1}{2})\pi \Leftrightarrow x = (n+\frac{1}{2})\frac{\lambda}{2}$, com $n = 0,1,2,3,....$

Nas cordas, por exemplo, de uma viola, não surge apenas a frequência fundamental, mas também harmónicos de ordem par ou ordem ímpar, em conformidade com a forma como a corda é dedilhada ou percutida.

A velocidade de propagação do som no ar pode também ser determinada com um tubo de ressonância. Esta ocorre numa coluna de ar, num tubo. Este pode ser fechado numa extremidade e aberto na outra, ou aberto nas duas extremidades. As condições de fronteira para as ondas estacionárias impõem que na extremidade fechada exista um nodo e na extremidade aberta um antinodo*. Quando estas condições são satisfeitas, ocorre a ressonância, que pode ser identificada pelo intensidade do som detectado pelo ouvido.

---

* Na realidade o antinodo encontra-se ligeiramente fora da extremidade do tubo, isto porque no antinodo a derivada da pressão em ordem ao tempo é nula e por conseguinte se esta ocorresse na extremidade do tubo não saía energia, não sendo possível ouvir qualquer som.

A ressonância ocorre para tubos com uma extremidade fechada, quando a altura da coluna de ar for igual a $\frac{\lambda}{4};\frac{3\lambda}{4};\frac{5\lambda}{4}$ e, como a distância entre dois máximos consecutivos é igual a $\frac{\lambda}{2}$, conhecida a frequência da fonte, obtém-se a velocidade de propagação $v=\lambda\nu$.

Para determinar a velocidade do som nos gases, pode utilizar-se o tubo de Kundt, fechado nas duas extremidades e pó de licopódio, a fim de se identificar a posição dos ventres e dos nodos ou utilizar um microfone e um osciloscópio para detectar os nodos e os ventres.

3.3.8 Análise harmónica do som

Um tom musical é, do ponto de vista físico, a sobreposição de vários tons sinusoidais, um deles fundamental e outros de ordem superior. É um fenómeno rigorosamente periódico, contrariamente ao ruído que é um fenómeno não periódico e com um espectro de frequências contínuo.

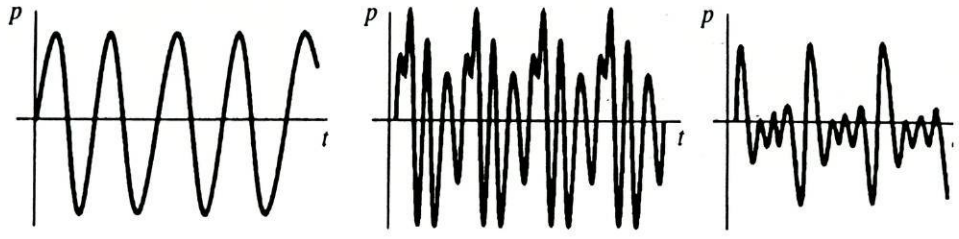
A tonalidade de um som é determinada pelas relações de amplitude entre o tom fundamental e os tons de ordem superior e a mesma nota musical tocada por instrumentos diferentes pode ter a mesma altura ou alturas diferentes, que corresponde a uma sensação de mais agudo " maior frequência", ou mais grave "menor frequência"; porém a correspondência não é biunívoca, pois ainda que para a mesma intensidade, quanto maior for a frequência maior é a altura. Para um som puro com a mesma frequência o tom diminui quando se aumenta o nível de intensidade (Sears *et al*, 1984); todavia, não se comete erro grave ao afirmar que a altura dos sons está relacionada com a frequência, sendo uma nota musical mais aguda, quanto mais elevada for a sua frequência de vibração.

Então se dois instrumentos diferentes podem emitir a mesma nota com a mesma altura, como é que conseguimos distinguir se essa nota provém de um violino, de uma guitarra ou de um piano?

É o timbre que permite distinguir os instrumentos, embora para a mesma nota as vibrações possuam igual frequência fundamental, cada um deles emite também harmónicos, cujas intensidades relativas dependem não só do instrumento, como da forma como é tocado.

A figura 3.1 mostra as formas de uma onda com a frequência de 440 Hz, provenientes de um diapasão "*sinusoidal*" , de um clarinete e de uma trompete (Física, Paul Tipler). O estudo dos sons pode ser feito por análise de Fourier; porém, estas ondas podem ser obtidas

directamente no osciloscópio, se a ele se associar um microfone com condicionador apropriado e um amplificador.



Diapasão Clarineta Trompete

Figura 3.1 - Formas de onda

3.3.9 Intensidade do som

A propagação de qualquer onda, resulta na transferência de energia. À média, no tempo, da quantidade de energia que é transportada pela onda por unidade de área perpendicular à direcção de propagação, designa-se por intensidade da onda.

Como a energia média por unidade de tempo é a potência média(P_m) a unidade SI de intensidade da onda é o watt por metro quadrado (W/m^2).

Para uma fonte pontual, que emita uniformemente em todas as direcções, a energia, a uma distância r, da fonte, está uniformemente distribuída por uma superfície esférica de raio r. Então a intensidade da onda, que atravessa a superfície esférica, é inversamente proporcional ao quadrado da distância $I = \frac{P_m}{4\pi r^2}$, no caso de a frente de onda ser limitada segundo um ângulo sólido, a energia é então uniformemente distribuída segundo uma casca esférica. Por conseguinte, para a mesma fonte e no mesmo ponto, a intensidade do som, quando este é por qualquer processo dirigido, é superior à intensidade do som, quando este se propaga em todas as direcções.

3.3.10 Nível sonoro

Sendo o ouvido humano sensível a uma gama muito elevada de intensidades sonoras, é mais prático arranjar uma escala logarítmica (tal como em química se utiliza a escala de pH, para indicar a concentração de (H_3O^+), assim, define-se o nível de intensidade de uma onda sonora pela relação:

$\beta = 10 \log \frac{I}{I_o}$, em que I_o corresponde a uma intensidade padrão de referência (10^{-12} W/m^2), próxima do limite inferior de audibilidade. A unidade do nível sonoro designa-se por decibel (dB), em reconhecimento pelo trabalho desenvolvido por Alexandre Graham Bell.

Os limites de audibilidade do ouvido humano variam não só de pessoa para pessoa, como também com a frequência do som.

Não conseguimos ouvir sons com a intensidade inferior a 10^{-12} W/m^2, a que corresponde $\beta = 0$ dB, e sons com intensidade superior a 1 W/m^2, limiar da dor, que nos previne para intensidades sonoras demasiado elevadas que poderiam danificar o ouvido.

3.3.11 Sons audíveis e não audíveis

O ouvido humano pode perceber sons dentro de uma gama de frequências de 20 Hz a 20 kHz, ainda que algumas pessoas não consigam ouvir sons de frequência superior a 15 kHz.

Frequências inferiores a 20 Hz designam-se por infra – sons, frequências compreendidas entre 20 kHz e 10 GHz designam-se por ultra-sons e, acima desse valor, designam-se por hiper-sons.

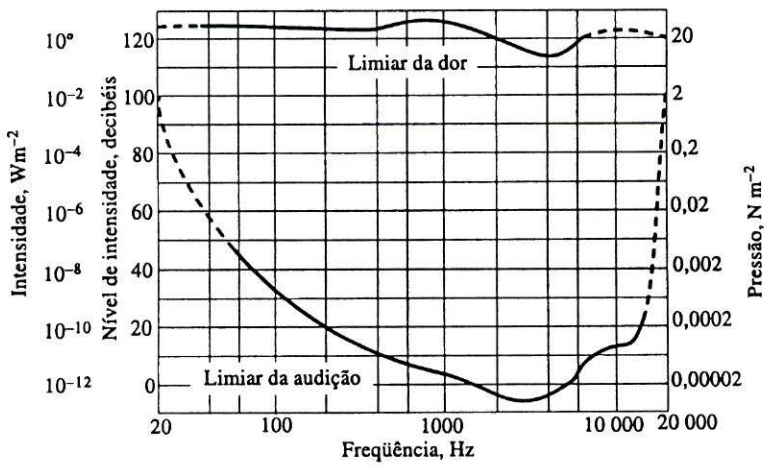


Figura 3.2 - Intervalo de audição para o ouvido humano. A curva inferior é o limiar da audição e a superior é o limiar da dor.

Os ultra-sons, principalmente os de maior frequência, em virtude dos efeitos de difracção serem muito menos importantes do que para os sons audíveis e de serem menos perigosos que os raios X ou as radiações de ultravioleta, são muito utilizados para detectar ou testar materiais, para medir a espessura dos tecidos vivos, ou destruição selectiva dos tecidos

em medicina, para além da sua utilização nos sonares para detectar cardumes de peixes, submarinos etc.

3.3.12 Ruído

O ruído é um som não desejável com efeitos perniciosos na sociedade actual. Existem imensas fontes de ruído: trânsito motorizado, fábricas, construção civil e até os concertos. Cada vez mais o homem tem consciência que é necessário combater o ruído urgentemente, pois pode, a longo ou a médio prazo, causar danos irreversíveis na audição.

Não é suficiente definir o ruído como som não agradável, porque os concertos com elevado nível sonoro são desagradáveis para uns, mas são agradáveis para outros.

Em termos científicos, considera-se ruído todos os sons não desejados.

3.3.13 Reflexão e refracção

Num meio homogéneo, a onda move-se em linha recta na direcção dos raios. A grande distância de uma fonte pontual podemos considerar uma pequena fracção da frente de onda, como uma onda plana.

Quando uma frente de onda incide numa fronteira que separa dois meios nos quais a onda se propaga com diferente velocidade, parte da onda é reflectida e parte é transmitida.

No caso de uma onda sonora, que se propaga num meio, encontrar uma superfície de separação de outro meio, o raio reflectido faz um ângulo com a normal, igual ao ângulo que o raio incidente faz com a mesma normal, enquanto que o raio transmitido se aproxima ou se afasta da normal, conforme a velocidade de propagação é menor ou maior do que no primeiro meio. Porém, se o raio incidir perpendicularmente à superfície, o raio transmitido não sofre qualquer desvio.

As leis da reflexão e refracção são casos especiais do princípio de Fermat "*uma onda propaga-se sempre entre dois pontos no intervalo de tempo estacionário*•".

A reflexão dos ultra-sons é muito utilizada pelo homem para os mais diversos fins: no sonar para detectar barcos inimigos ou cardumes de peixes, em medicina, como meio de diagnóstico.

É, no entanto, o eco a reflexão com que estamos mais familiarizados.

• Na maioria das situações, o tempo estacionário é o tempo mínimo.

O eco é a repetição mais ou menos distinta de um som reflectido por uma superfície de grande área de tal forma que o intervalo de tempo entre a emissão do som e a onda reflectida seja superior a um décimo de segundo.

A reflexão e absorção das ondas sonoras têm um papel importante nos projectos de auditórios, bibliotecas ou salas de música. Enquanto que em algumas situações a reflexão dos sons é imprescindível, em outros casos a existência de superfícies reflectoras provoca múltiplos ecos indesejáveis, sendo então necessário que as paredes sejam constituídas por material absorvente para reduzir as reflexões indesejáveis.

As superfícies lisas e planas são boas reflectoras, enquanto que os materiais porosos, como tecidos ou estofos, absorvem razoavelmente o som incidente.

Enquanto que os materiais reflectores não absorvem praticamente nenhuma energia, mantendo-se praticamente constante a intensidade, os materiais absorventes retiram energia da onda, o que resulta na diminuição da intensidade depois de percorrer a distância dx no material absorvente:

$$dI = -\beta I dx \Leftrightarrow I = I_o e^{-\beta x}$$

em que β é o coeficiente de absorção. Depende não só das propriedades do meio, mas também da natureza da onda e da sua frequência.

A acústica, sendo um dos ramos mais antigos da Física, é hoje em dia uma ciência moderna e imprescindível ao melhoramento da qualidade de vida. A sua importância é visível não só nos projectos das salas de espectáculo, mas também para minimizar ou eliminar a poluição sonora na indústria, na construção civil, nas cidades ou nas vias de comunicação.

3.3.14 Difracção e interferência

Todos nós sabemos que, se estivermos atrás de um obstáculo, poderemos não ver pessoas que se encontrem do outro lado, porém ouvimos perfeitamente as suas vozes.

As ondas transpõem perfeitamente um obstáculo, quando as dimensões do obstáculo forem inferiores ao comprimento de onda.

Fenómenos de difracção também ocorrem quando uma onda atinge uma abertura de dimensões inferiores ao comprimento de onda.

Podemos considerar a difracção como um processo de interferência, porém, considera-se mais como interferência a sobreposição de duas ou mais ondas coerentes "*a diferença de fase, mantém-se constante no tempo*" que interferem na mesma região do espaço.

Para uma onda que se propaga numa direcção qualquer podemos definir a sua equação de onda, pela seguinte expressão:

$$Y(\vec{r},t) = A\,\mathrm{sen}(\vec{k}.\vec{r} - \omega t + \phi).$$

Para uma onda que se propague apenas numa direcção, a equação anterior é substituída pela equação

$$Y(x,t) = A\,\mathrm{sen}(k.x - \omega t + \phi).$$

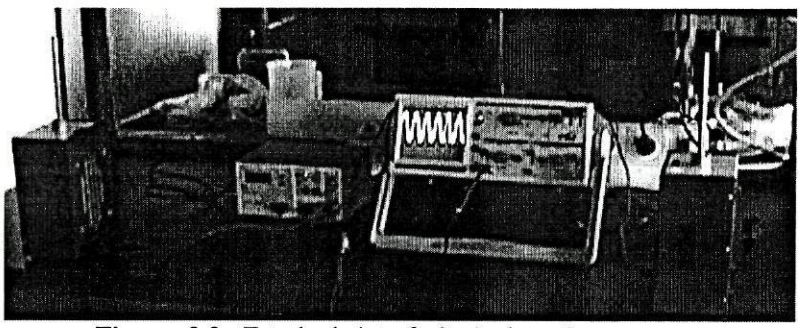


Figura 3.3 - Estudo da interferência de ondas coerentes

Quando duas ondas se propagam, por exemplo, segundo o eixo dos x com igual frequência e igual número de onda e com uma diferença de fase ϕ, a sobreposição das duas ondas resulta numa onda com igual frequência e igual número de onda e de amplitude igual a $2A\cos\frac{1}{2}\phi$ que depende da diferença de fase entre as duas ondas:

$$Y = Y_1 + Y_2 = A\,\mathrm{sen}(kx - \omega t + \phi) + A\,\mathrm{sen}(kx - \omega t)$$

$$Y = \left[2A\cos\tfrac{1}{2}\phi\right]\mathrm{sen}(kx - \omega t + \tfrac{1}{2}\phi)$$

A interferência pode ser obtida através de dois altifalantes (figura 3.3), ou interpondo, no caminho de uma onda proveniente de uma única fonte, um obstáculo com duas ou mais fendas.

3.3.15 Batimentos

Quando duas ondas sonoras, de frequências muito próximas, interferem, ouve-se um som cuja intensidade varia alternadamente entre o forte e o fraco, sendo

$S_1 = S_m \cos\omega_1 t$ e $S_2 = S_m \cos\omega_2 t$ então,

$$S_1 + S_2 = 2S_m \cos\tfrac{1}{2}(\omega_1 - \omega_2)t\,\mathrm{sen}\,\tfrac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)t$$

Fazendo $\omega' = \frac{1}{2}(\omega_1 - \omega_2)$ e $\omega = \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)$ $S(t) = [2S_m \cos\omega' t]\,\mathrm{sen}\,\omega t$

em que a frequência angular de batimento $\omega_{Bat} = 2\omega'$ e a frequência de batimento $\nu_{Bat} = \nu_1 - \nu_2$. Este fenómeno de batimento é utilizado pelos músicos para afinarem os instrumentos.

3.3.16 Efeito de Doppler

Quando uma fonte sonora está parada, a frequência do som, ouvida pelo observador também em repouso, é igual à frequência emitida pela fonte; porém, se a fonte se aproxima ou se afasta do observador, o som ouvido tem maior ou menor frequência que a frequência emitida pela fonte.

A variação da frequência relacionada com o movimento da fonte ou do observador foi proposta em 1842 pelo físico austríaco Johann Christian Doppler.

No caso da fonte permanecer em repouso e o observador também em repouso, o número de ondas que passam pelo observador é $\frac{vt}{\lambda}$; porém, quando o observador se desloca no sentido da fonte, àquele valor deve adicionar $\frac{v_o t}{\lambda}$ ou subtrair no caso de se afastar. Então, a frequência ouvida pelo observador em movimento é:

$$f' = \frac{\frac{vt}{\lambda} \pm \frac{v_o t}{\lambda}}{t} = \frac{v \pm v_o}{\lambda} = f\frac{v \pm v_o}{v}$$

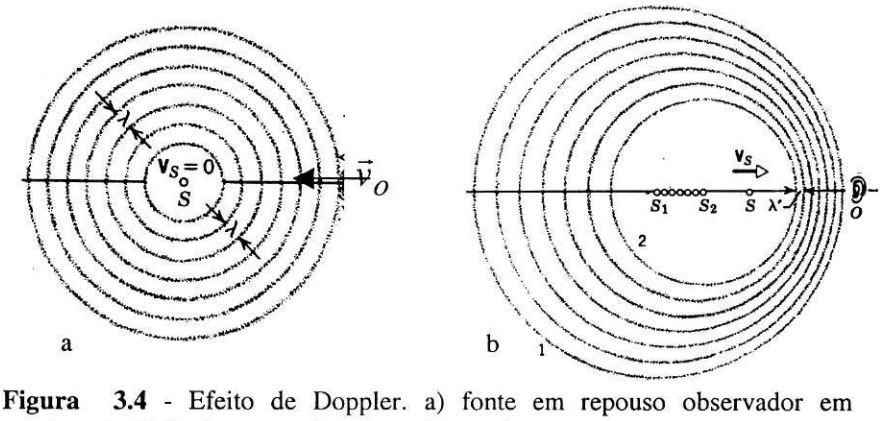


Figura 3.4 - Efeito de Doppler. a) fonte em repouso observador em movimento. b) fonte em movimento e observador em repouso

O sinal positivo indica que o observador se aproxima e o sinal negativo que o observador se afasta.

Quando, pelo contrário, é o observador que permanece em repouso e a fonte em movimento, o comprimento das ondas que chegam ao observador será menor ou maior, conforme a fonte se aproxima ou se afasta do observador

$$f' = \frac{v}{\lambda'} = \frac{v}{\frac{v}{f} \mp \frac{v_S}{f}} = f \frac{v}{v \mp v_S}$$

Aqui, o sinal negativo indica que a fonte se aproxima e o positivo que se afasta.

Quando a fonte e o observador estão em movimento, podemos combinar as duas relações anteriores para determinar a frequência ouvida pelo observador.

$$f' = f \frac{v \pm v_o}{v \mp v_S} \text{ com:}$$

f' frequência ouvida pelo observador

f frequência da fonte

v velocidade do som no ar

v_o velocidade do observador

v_S velocidade da fonte

Esta expressão estabelece que, quando a fonte se afasta em relação ao observador, o som é mais grave e mais agudo quando se aproxima.

O efeito de Doppler é utilizado pelo radar da polícia de trânsito para medir a velocidade dos veículos em movimento, funcionando o veículo como receptor móvel das ondas electromagnéticas emitidas pelo radar e como fonte móvel quando as ondas são reflectidas. Foi também através do efeito de Doppler que os astrónomos descobriram que o Universo está em expansão, ao verificarem que a luz emitida pelas galáxias se deslocava para comprimentos de onda superiores "Desvio para o vermelho".

3.3.17 Ouvido humano

O ouvido humano, (figura 3.5), divide-se em três secções: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno.

O som é captado no ouvido externo e encaminhado para a membrana, através do canal auditivo. A membrana vibra com as ondas sonoras e esta vibração é transmitida a uma cadeia de ossos (martelo, bigorna e estribo) para o nervo auditivo e daí, como sinal eléctrico, para o cérebro.

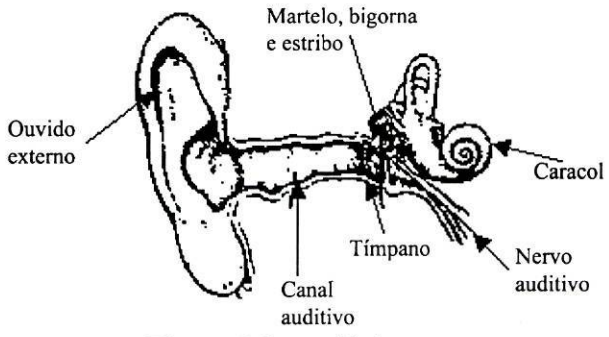


Figura 3.5 - ouvido humano

No ouvido externo, as ondas propagam-se numa fase gasosa, enquanto que no ouvido interno numa fase líquida, servindo ainda o ouvido interno como protecção contra ruídos intensos.

3.4 Exploração do som e audição a nível do 8º ano do Ensino Básico.

A este nível, os conceitos não devem ser muito desenvolvidos, pois, caso contrário corre-se o risco de os alunos nada aprenderem.

O processo de ensino aprendizagem nesta unidade divide-se em dois blocos: bloco de ciência e bloco de ciência, tecnologia e sociedade.

No primeiro bloco, exploram-se as ideias dos alunos e os conceitos científicos. Em cada uma das actividades deste bloco, através da actividade experimental, as ideias dos alunos sobre cada um dos conceitos em causa serão ou não confirmadas, de modo a substituir gradualmente as ideias alternativas por conceitos científicos básicos.

Com o segundo bloco, compete ao aluno, individualmente ou em grupo, fazer pesquisas e elaborar relatórios, assumir uma reflexão crítica do desenvolvimento da sociedade e quais as implicações da ciência nesse desenvolvimento, propor soluções acertadas e ponderadas sobre os problemas levantados por esse desenvolvimento.

São objectivos desta unidade:

Caracterizar o modelo ondulatório.

Indicar que os sons podem ser produzidos de diferentes maneiras.

Caracterizar o som como um fenómeno ondulatório.

Reconhecer que o som necessita de um meio de suporte para se propagar.

Reconhecer que a velocidade de propagação do som depende do meio.

Identificar os atributos do som.

Explicar o funcionamento do ouvido humano.

Indicar os limites de audibilidade.

Interpretar a relação entre o som e a sociedade.

Estes objectivos são apresentados com mais pormenor na planificação da unidade, em anexo.

3.5 Desenvolvimento das actividades:

Para desenvolver estas actividades, organizam-se os alunos em grupos, cabendo a cada um (dos grupos) realizar um trabalho de investigação sobre uma das actividades, posteriormente apresentado e discutido no final da unidade. Tem-se constatado uma grande motivação dos alunos na formulação e discussão das hipóteses, bem como na discussão dos resultados.

Como a escola apenas possui dois osciloscópios e dois geradores de sinais, a utilizar por quatro turmas do 8º ano, "a do investigador e três turmas de professores estagiários", nos trabalhos que envolviam aqueles instrumentos, apenas foi possível fazer uma montagem. Teve-se, no entanto, o cuidado que todos os alunos participassem de uma forma ou de outra naquelas actividades.

3.5.1 Como produzir som:

No final desta actividade, os alunos devem reconhecer que o som resulta de vibrações e que estas se propagam até atingirem os detectores.

A actividade inicia-se com uma discussão sobre o som, a forma como os sons são gerados pelos mais variados instrumentos musicais e pelas cordas vocais.

É fácil verificar que as cordas ou os elásticos vibram quando soam, devendo este conceito ser estendido ao som produzido por instrumentos de sopro (ar a vibrar) e às cordas vocais. O conceito é interiorizado quando os alunos tocam levemente nos instrumentos, ou quando colocam as bolas de esferovite sobre altifalante.

Para ouvirmos um som, não é suficiente que as fontes vibrem, é necessário que essa vibração se propague até aos ouvidos, o que será compreendido quando os alunos encostarem diapasões em vibração a um fio esticado, na superfície da água, ou emitir sons em frente a uma vela acesa.

No final da actividade, deve ser proposto, como trabalho de casa, a construção de um telefone de corda acompanhado de um pequeno relatório que descreva o seu funcionamento.

Comentários à aplicação da actividade

Na exploração deste conceito, para além do material indicado na ficha de trabalho, foram utilizados outros sugeridos pelos alunos.

No desenvolvimento da actividade, os alunos mostraram-se muito empenhados e motivados na realização das propostas de trabalho, formulavam e discutiam as hipóteses muitas vezes acaloradamente e, no final de cada actividade, discutiam os resultados e concluíram que os sons resultam das vibrações dos corpos e que essa vibração pode ser realizada por diferentes processos: "percussão, dedilhar uma corda ou um elástico ou fazer vibrar uma coluna de ar".

Na formulação e discussão das hipóteses sobre a propagação do som, chegaram a um consenso de que este se propaga através de ondas; porém, não eram capazes de descrever o modelo ondulatório, apenas o conseguindo descrever depois da primeira e quinta propostas de trabalho "diapasão a vibrar na água e som através da chama de uma vela" .

Quando colocados perante a questão:

As ondas na tina de água propagam-se no plano, as ondas de som também se propagam no plano?

Afirmaram imediatamente que não, ao responderem *"propagam-se em todas as direcções, pois quando tocamos o diapasão tanto ouve a Ana à frente, o Paulo que está atrás, se nos baixarmos ou se nos levantamos"*.

3.5.2 Como caracterizar uma onda

O objectivo deste trabalho é a construção do modelo ondulatório, distinguir ondas transversais das longitudinais, e reconhecer que uma onda é caracterizada pela frequência e pelo comprimento de onda.

Antes de se iniciar a parte experimental, o professor deve propor aos alunos uma discussão sobre acontecimentos periódicos em geral e ondas em particular.

As ondas transversais podem ser perfeitamente visualizadas com uma corda ou com uma mola, enquanto que para as longitudinais se deve utilizar uma mola comprida. Com a corda é possível explorar o conceito de comprimento de onda, medindo o comprimento entre dois pontos na mesma fase e o período, medindo o intervalo de tempo que uma onda demora a percorrer uma distância igual ao comprimento de onda.

Depois de se discutirem e sistematizarem no quadro estes conceitos, devem os alunos propor um modelo que explique a formação das ondas sonoras. Da prática dos anos anteriores, tem-se verificado que os alunos propõem muitas vezes o modelo das ondas formadas pelo impacto de uma pedra nas águas calmas, ondas circulares e concêntricas, apesar de reconhecerem que conseguem ouvir o som emitido em todas as direcções. Um recurso importante para ultrapassar o modelo de onda circular, num plano, é a utilização de um balão e de uma seringa, com a qual se introduz e retira ar do balão a uma determinada cadência.

As ondas sonoras serão analisadas no osciloscópio, porém, como é a primeira vez que os alunos têm contacto com o gerador de sinais e o osciloscópio, a montagem deverá ser feita pelo professor com a colaboração dos alunos.

Neste trabalho experimental, devem ser não só devidamente exploradas as ondas sinusoidais puras "geradas pelo gerador de sinais" ou por diapasões, mas também as provenientes do som de instrumentos, bem como o som de vogais pronunciadas pelos alunos.

Para caracterizar o comprimento de onda, utilizam-se dois microfones, cada um deles ligado a um dos canais do osciloscópio, um gerador de sinais e um altifalante.

Para diferentes frequências, colocam-se os microfones de modo a que as ondas geradas nos dois canais estejam em fase e de seguida desloca-se um dos microfones até que as ondas estejam novamente em fase, medindo-se então o deslocamento do microfone.

No final da actividade os alunos devem ser capazes de:

Identificar uma onda com uma perturbação que se transmite de um ponto para o outro transportando energia.

Reconhecer que as ondas sonoras no ar são longitudinais.

Identificar o comprimento de onda com a distância entre duas cristas ou dois ventres consecutivos.

Identificar o período com o tempo que uma oscilação demora a ir de uma posição a outra e voltar à posição inicial.

Relacionar a frequência com o número de oscilações por segundo $\nu = \frac{1}{T}$

Relacionar a amplitude com a distância máxima entre a posição de equilíbrio e uma posição extrema.

Representar uma onda no espaço e no tempo.

Comentários à aplicação da actividade

Não se conseguiu uma corda de sisal e com uma corda de plástico, principalmente, porque estava enrolada as ondas transversais não eram perceptíveis. Ultrapassou-se o problema com uma mola com cerca de 3,50 m de comprimento e 20 cm de diâmetro, com a qual se conseguiram não só ondas longitudinais, mas também ondas transversais.

A relação entre a altura e a frequência, bem como a intensidade sonora e a amplitude das ondas, é entendida facilmente pelos alunos; porém, para uma discussão causa/efeito, o gerador de sinais não deve ser ligado directamente ao osciloscópio, mas sim através de um altifalante e um microfone. Acontece, no entanto, que o ruído é ensurdecedor, não sendo possível prolongar o trabalho por muito tempo. Ultrapassou-se o problema, utilizando durante muito pouco tempo o gerador de sinais, confirmando-se os resultados com diapasões de diferentes frequências.

No final da actividade e durante a discussão foram passados e discutidos alguns acetatos ilustrativos.

3.5.3 Como se propaga o som

Como o som é resultante da vibração dos objectos que se propaga até chegar aos nossos ouvidos, deve ser proposto aos alunos para explicarem se o som necessita ou não de um meio de suporte para se propagar. Depois de formuladas e negociadas as várias propostas, serão escritas no quadro, para no final serem comparadas com as conclusões.

Comentários à aplicação da actividade

Com a bomba de vácuo e um relógio, é fácil verificar que o som não se propaga no vácuo. São no entanto necessários alguns cuidados para a experiência resultar, não só porque se não consegue um vácuo perfeito, mas também porque as vibrações se transmitem através do suporte da campânula.

Como não se conseguiu um relógio, foi este substituído por um gravador de repórter e, para melhorar os resultados, foi colocado sobre uma esponja.

A propagação do som através da água não foi conseguida, por não ser possível que os alunos ouvissem os sons com os ouvidos dentro de água, porém a propagação através de uma vara metálica deu resultados excelentes, tendo um dos alunos afirmado mesmo antes da sua realização que conseguiam comunicar com os colegas através de pancadas nos railes de

protecção das estradas, conseguindo ouvir o som da pancada através do raile, antes de o ouvir através do ar. Iniciou-se, a partir daí, uma discussão sobre os meios em que o som melhor se propaga. Reconheceram, assim, estes que a velocidade de propagação do som é maior nos metais do que na madeira ou no ar.

3.5.4 Velocidade de propagação do som.

Antes de se determinar a propagação das ondas sonoras, recorre-se a uma experiência muito simples, para determinar a velocidade de propagação de uma onda numa corda. Com a corda esticada, colocam-se sobre esta duas tiras de papel, separadas de uma pequena distância d, e, após um impulso, mede-se o intervalo de tempo entre a queda das duas tiras de papel.

Depois dos alunos determinarem a velocidade de propagação das ondas numa corda, serão confrontados com a propagação das ondas sonoras, através dos conhecimentos do dia a dia "trovoadas, explosões dos foguetes etc.".

Para determinar a velocidade de propagação de som, utilizam-se dois microfones colocados na mesma direcção, separados de uma distância d. Provoca-se um som "estalando os dedos ou uma pancada numa moeda" e mede-se com o osciloscópio o intervalo de tempo que o som demora a percorrer a distância que separa os dois microfones (figura 3.6).

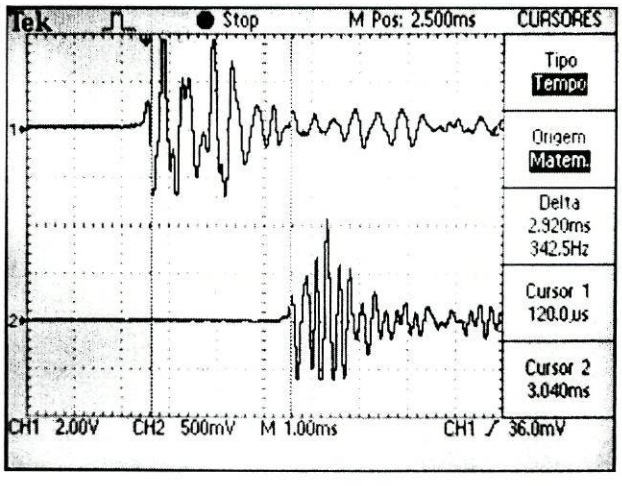


Figura 3.6 - Ondas obtidas no osciloscópio captadas por dois microfones separados de 1 metro.

Esta actividade permite medir e comparar a velocidade de propagação do som em diferentes materiais.

No final, devem os alunos relacionar a velocidade de propagação com a distância entre as partículas do meio "*quanto mais elevada é a densidade maior é a velocidade*" e discutir mais uma vez porque é que o som não se propaga no vazio.

Comentários à aplicação da actividade.

Como a escola apenas possui um osciloscópio digital, somente foi realizada uma montagem pelo professor com a ajuda de alguns alunos.

Com os microfones separados de um metro, determinou-se a velocidade de propagação do som no ar, na madeira e numa barra cobre; tendo-se encontrado os seguintes valores de velocidade, 357 m/s, 1380 m/s e 2500 m/s, respectivamente para o ar, para a madeira e para a barra. Na execução não foi tomada nenhuma precaução na excitação, não sendo conhecido o tipo de ondas excitadas (longitudinais ou transversais).

3.5.5 Como varia a intensidade auditiva com a distância à fonte

Na primeira parte da aula, pede-se aos alunos para ouvirem os sons gravados numa cassete e os classifiquem quanto à intensidade.

Na discussão, questionam-se os alunos sobre a intensidade do som ouvida por dois observadores situados a diferentes distâncias da fonte, bem como a forma de aumentar a intensidade do som ouvida a uma determinada distância sem alterar o volume da fonte. É de realçar que os alunos confundem a intensidade do som com a altura. Para eles, um som alto é um som de elevada intensidade.

Depois das ideias sistematizadas, pede-se aos alunos para proporem o modelo que melhor explique como varia a intensidade do som com a distância à fonte. No caso de os alunos não proporem nenhum modelo plausível, o professor pode propor o exemplo das ondas formadas por uma pedra que cai verticalmente na água de uma piscina e exemplificar com a tina de ondas.

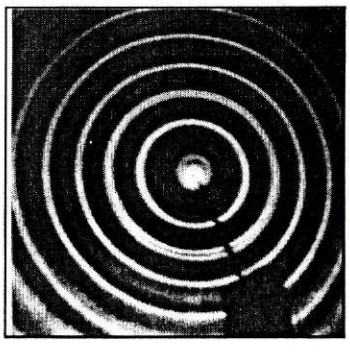


Figura 3.7 – A amplitude das ondas na água diminui com a distância à fonte

Na discussão do modelo, devem os alunos relembrar que as ondas não transportam matéria, mas sim energia, relacionando a intensidade com a amplitude da onda, não sendo objectivo relacionar a intensidade com o inverso do quadrado da distância.

Na segunda parte, com a utilização de um osciloscópio ou um medidor do nível acústico, será medida e registada a intensidade de diversas fontes a diferentes distâncias, quando o som se propaga em todas as direcções e quando o som é dirigido em direcção ao medidor.

Na discussão final, devem os alunos confrontar as hipóteses anteriormente formuladas com os resultados experimentais.

Comentários à aplicação da actividade.

Na extensão do modelo de propagação das ondas na água ao modelo de propagação do som, os alunos devem reconhecer as diferenças e as semelhanças entre as ondas na tina e as ondas sonoras no ar. Na discussão, os alunos já foram capazes de explicar que as ondas sonoras se propagam em todas as direcções e têm como consequência a variação da pressão do ar "*compressões e rarefacções*".

Com a tina de ondas e através de diálogo em que se expuseram situações do dia a dia, estes reconheceram que, à medida que a distância à fonte aumenta, a amplitude das ondas diminui.

Foram capazes de concluir que a energia emitida pela fonte tem que se dividir por uma superfície maior, diminuindo assim a energia por unidade de área, com a consequente diminuição da amplitude.

Com a diminuição da intensidade do som com a distância à fonte, os alunos puderam verificar através do osciloscópio que a amplitude das ondas diminuía; porém, seria mais vantajoso utilizar um sonómetro, que no entanto a escola não possui. Tentou-se ainda contactar a P S P, porém problemas burocráticos relacionados não só com o tempo de espera, mas também com a obrigatoriedade da presença de dois agentes na sala de aula, tornaram impossível a sua utilização.

3.5.6 Nível de intensidade sonora

Na actividade anterior relacionou-se a intensidade do som com a amplitude da onda e identificou-se a intensidade do som com a potência por unidade de área que atinge o ouvido, verificando-se ainda que esta diminuía com a distância à fonte.

Pretende-se, agora, que os alunos relacionem a capacidade auditiva não com a intensidade, mas sim com o nível sonoro em dB "*decibel*".

Deve então ser referido que para medir a capacidade auditiva se utiliza o nível de intensidade sonora e discutida a seguinte tabela:

Limiar de audição	Folhas agitadas	Conversa	Aspirador	Mota
0 dB	20 dB	10 a 60 dB	40 a 60 dB	70 a 90 dB
Tráfego intenso	Avião a descolar	Limiar da dor	Concerto rock	Ruptura dos tímpanos
80 a 100 dB	120 a 140 dB	110 dB	Até 120 dB	160 dB

Tabela 3.1 - Nível de intensidade sonora de alguns sons

Discutir com os alunos os aparelhos utilizados pela polícia para medir a intensidade sonora e analisar audiogramas.

Comentários à actividade:

Para além das actividades constantes no protocolo, deve ser analisado qualitativamente o som proveniente de uma corda de viola, de um elástico esticado ou de uma lâmina metálica e comparar a intensidade do som com a amplitude da vibração.

Todas estas actividades foram feitas com o osciloscópio e não com o sonómetro.

3.5.7 Atributos do som

É muito comum a confusão entre altura e intensidade do som, assim, com esta actividade pretende-se que os alunos passem a relacionar a altura com a frequência do som, identificando um som agudo com um som de elevada frequência e um som grave com baixa frequência.

Todas as pessoas, com mais ou menos dificuldade, conseguem distinguir os sons de diferentes instrumentos musicais.

No âmbito da ciência tecnologia e sociedade, devem os alunos relacionar a linguagem do dia a dia com os conceitos físicos.

No início da actividade, pede-se aos alunos para ouvirem com atenção alguns estractos musicais de uma cassete e identificar cada um dos instrumentos.

A segunda parte do trabalho consiste em "ver" os sons no osciloscópio, utilizando diapasões de diferentes frequências, a voz de vários alunos e diversos instrumentos musicais.

No final do trabalho devem identificar os quatro atributos do som:

Altura – Atributo que permite distinguir se um som é grave ou agudo.

Intensidade – Relacionada com a amplitude da vibração e permite distinguir se um som é forte ou fraco.

Duração – Relacionada com o tempo que permanece audível no ouvido.

Timbre – Permite distinguir sons com a mesma altura e intensidade, emitidos por instrumentos diferentes.

Para além de os alunos compararem as ondas dos diferentes instrumentos no osciloscópio, devem ser mostradas outras ondas num acetato.

Comentários à aplicação da actividade

Na discussão dos atributos do som, um número significativo de alunos ainda confundia a altura com o "volume do som", distinguia os sons agudos dos graves, relacionando-os com a frequência, muito poucos alunos referiam a duração e ainda menos o timbre.

Para registar os sons, utilizou-se um osciloscópio associado a um microfone de condensador e um amplificador.

Na aula anterior pediu-se aos alunos que tocavam instrumentos para os trazerem.

Comparam-se os sons resultantes da gravação com os sons dos instrumentos tocados pelos alunos.

Esta aula, apesar de ser um pouco agitada, foi muito estimulante e interessante para os alunos.

No final da actividade, solicitou-se aos alunos com alguns conhecimentos musicais que os discutissem com os colegas e que integrassem esses conceitos numa perspectiva científica.

No final da aula foi feita com a ajuda dos alunos uma sistematização dos conceitos.

3.5.8 Trabalho experimental: é possível ouvir todos os sons?

No início da actividade, propõe-se aos alunos que discutam novamente, quando é que ouvimos ou não um som.

Utilizando elásticos e um apito de caça, serão confrontados sobre o motivo, porque em algumas situações não ouvem o som do elástico ou do apito de caça.

É-lhes então colocada a seguinte questão:

Não ouvem o som porque o apito ou o elástico não produzem som, ou porque apesar do emitirem não o conseguem ouvir?

Depois de confrontadas todas as hipóteses propostas, deve o professor propor também para debate a orientação dos morcegos, a detecção de cardumes de peixes ou o processo das ecografias.

Na segunda parte, propõe-se aos alunos para verificarem as hipóteses formuladas, investigando qual o intervalo de frequências audíveis, utilizando um gerador de sinais, um altifalante, um microfone e um osciloscópio. O resultado da actividade deve ser sistematizado no quadro, identificando o intervalo de frequências audíveis pelo humano, os infra-sons e os ultra-sons.

Para uma melhor consolidação do conceito, pede-se aos alunos para fazerem um pequeno trabalho de investigação sobre o espectro sonoro.

Comentários à aplicação da actividade

Como o altifalante apenas dá resposta a um intervalo de frequências de 100 Hz a 15 kHz, o estudo foi concluído com a discussão do espectro sonoro.

Esta actividade, apesar de interessante sob o ponto de vista físico, incomoda muito e dispersa os alunos, deve ser rápida e diminuir ao mínimo a intensidade sonora. Foi também aproveitada para introduzir o tema consequências da poluição sonora.

3.5.9 Fenómenos associados às ondas

Utilizando a tina de ondas, um cordel e um vibrador estudar em termos qualitativos alguns conceitos aplicados a todos os fenómenos ondulatórios.

A este nível não se deve fazer um estudo exaustivo das ondas estacionárias, da difracção e das interferências.

Porém, devem os alunos interiorizar que as interferências e a difracção são características dos fenómenos ondulatórios, o que permitirá na unidade de Luz e Visão, reconhecer que a luz também tem propriedades ondulatórias.

As leis de reflexão e refracção serão investigadas na unidade de luz e visão.

Devem porém reconhecer que a difracção é fácil de observar quando uma onda encontra uma fenda ou um obstáculo com dimensões da ordem do seu comprimento de onda.

Comentários à actividade

A tina de ondas deve ser montada sobre o retroprojector, por forma a que as ondas possam ser projectadas na parede ou no tecto da sala.

Nas interferências, a coerência pode ser obtida com dois pinos ligados ao percutor ou, um pino e duas fendas separadas de cerca de um centímetro e para a difracção utiliza-se apenas um percutor e uma fenda.

Durante a actividade devem os alunos discutir o que observam, sendo as suas ideias sistematizadas no quadro.

3.5.10 Difracção, interferência do som e ressonância.

A actividade deve ser iniciada com uma discussão sobre o modelo que explica, porque é que ouvimos, quando um obstáculo se interpõe entre nós e a fonte sonora, o que permite verificar se a actividade anterior permitiu ou não sistematizar conceitos.

É dada autonomia aos alunos na investigação; porém o professor, deve acompanhar as actividades e procurar que relacionem os conceitos com as actividades na tina de ondas.

Comentários à actividade

No estudo da difracção, pode utilizar-se placas de diversos materiais. No trabalho utilizaram-se dois tapetes do rato do computador e duas placas de alumínio e, com ambos os materiais, os resultados foram satisfatórios (figura 3.8).

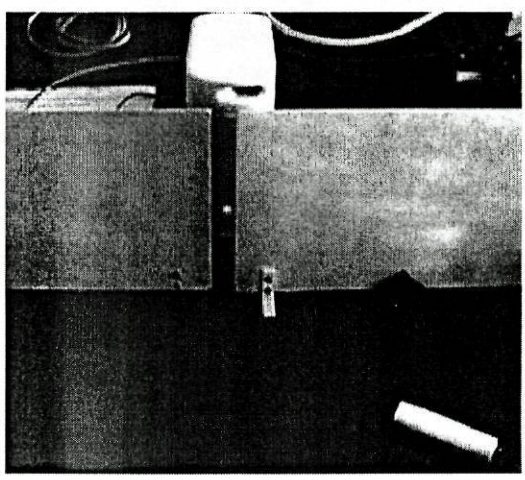


Figura 3.8 - Verificação experimental da difracção do som

No estudo da ressonância, deve utilizar-se, em primeiro lugar, diapasões de diferente frequência e depois de igual frequência, por forma a ser possível verificar que um objecto apenas entra em ressonância, quando vibra com a sua frequência própria.

Foram então apresentadas e discutidas várias situações em que ocorre este fenómeno:

Silvo de um tubo plástico em rotação, diapasão afastado e próximo da caixa de ressonância, distender um elástico preso num copo plástico, propondo-se ainda aos alunos

para indicarem algumas caixas de ressonância e qual a sua utilidade, utilização de uma caixa de música "com a caixa e sem a caixa de ressonância".

No estudo da interferência com o osciloscópio, localizam-se pontos onde a amplitude das ondas sonoras é máxima e onde é mínima, porém não se conseguem encontrar pontos de amplitude nula.

Deve ter-se o cuidado de deslocar o microfone por forma a que este fique sempre à mesma distância da fenda, por forma a distinguir o máximo central dos outros máximos.

Da actividade, os alunos devem interiorizar que a difracção e a interferência são características do movimento ondulatório, de modo a que quando estudarmos a difracção e interferência da luz, a caracterizem como onda.

3.5.11Como se pode explicar o eco

Começa-se por propor aos alunos para construírem o modelo do que acontece às ondas, quando encontram um obstáculo.

Com uma corda presa numa das extremidades, devem explicar o que acontece à onda, quando atinge a extremidade fixa.

Serão então questionados se o modelo da corda pode ser estendido a outras ondas e se conhecem alguma situação de reflexão das ondas sonoras.

Com o segundo procedimento do trabalho experimental, pretende-se que os alunos verifiquem a reflexão do som.

Pretende-se que os alunos associem o eco à reflexão do som; porém, como o nosso cérebro apenas distingue dois sons, quando estão separados de 0,1 segundos, apenas se detecta o eco, quando a barreira reflectora está a uma distância $d = \frac{1}{2} v * 0{,}1$ m.

Como os sons apenas são reflectidos quando encontram um obstáculo muito maior que o seu comprimento de onda, deve discutir-se a utilização dos ultra-sons por alguns animais para detectarem as suas presas, bem como outras utilizações pelo homem nas mais diversas actividades.

Comentários à actividade

Com esta actividade foi possível estudar vários conceitos, tais como:

Reflexão das ondas.

Ângulo de incidência e reflexão.

Materiais bons e maus reflectores do som.

Protecção contra os ruídos.

3.5.12 Absorção do som

Uns materiais têm maior capacidade de absorver o som do que outros; porém, se possuírem muitas e pequenas cavidades, a sua capacidade de absorção aumenta.

Pretende-se com esta actividade comparar a absorção do som por diversos materiais, utilizando a reflexão e a transmissão.

Comentários à actividade

A absorção do som pode perfeitamente ser estudada em termos qualitativos, dispensando-se o osciloscópio ou o medidor do nível sonoro.

Foi surpreendente para os alunos o facto da intensidade do som no exterior da caixa, ao contrário das hipóteses que formularam, ser menor quando esta se tapa com uma chapa metálica do que com outro material mais absorvente.

Feita a discussão e relacionando com a actividade anterior, os alunos foram capazes de compreender que isto se deve a uma maior reflexão na chapa metálica.

Na discussão final debateu-se o problema que tanto aflige hoje a sociedade.

De entre as várias formas de poluição, analisou-se particularmente a poluição sonora e o modo de a minimizar. Todos os alunos participaram na discussão, apresentaram propostas tendo concluído da necessidade de combinar materiais reflectores e absorventes do som.

3.5.13 Efeito de Doppler

A aula deve iniciar-se com a audição de uma cassete em que foram gravados o ruído do motor e o som produzido pela buzina de um automóvel e, a partir dela, os alunos devem identificar as situações em que o automóvel estava em repouso, quando se afastava e, quando se aproximava do local, onde foi feita a gravação e propor um modelo explicativo.

Com um alarme preso a um fio, testa-se o modelo proposto.

Os alunos deverão reconhecer que a frequência ouvida é superior à frequência da fonte, quando esta se aproxima; e, por isso, o som é mais agudo e é menor quando a fonte se afasta e o som é mais grave. Os sons são mais agudos quando a fonte se aproxima do observador;

mais graves, quando se afasta e, a diferença entre a frequência da fonte e a ouvida pelo observador aumenta com a velocidade.

Comentários à actividade

Nas hipóteses formuladas pelos alunos, apenas relacionavam as diferenças do som com a sua intensidade. As ideias interiorizadas eram as seguintes:

Quando o carro se aproxima, o som é mais intenso, porque o carro está mais perto; e, quando se afasta, é menos intenso, porque está mais longe, não sendo capazes de reconhecer que há instantes em que o carro está à mesma distância, quer se aproxime quer se afaste.

A gravação não pareceu eficaz para eliminar aquela concepção, não só por o ruído do motor se sobrepor ao da buzina, mas também por ser muito nítida a variação da intensidade do som em conformidade com a distância.

O diálogo orientado com uma prova de fórmula 1, quando o carro se aproxima e se afasta do microfone, pareceu mais eficaz.

O que resultou para contradizer as hipóteses formuladas pelos alunos, foi a rotação do alarme, o que os levou a admitir sem reservas o efeito de Doppler.

3.6 Actividades inseridas no bloco ciência tecnologia e sociedade

Organizar os alunos em grupo para os trabalhos de investigação.

Cada um dos grupos apenas realizará um trabalho, o qual, no entanto, deve ser apresentado à turma.

Foram propostos quatro trabalhos:

1- Instrumentos musicais e as salas de concerto.

2- Utilização dos ultra-sons.

3- Poluição sonora e forma de a combater.

4- Isolamento acústico de uma discoteca que funciona no rés do chão de um prédio.

CAPÍTULO IV

LUZ E VISÃO

4.1 Introdução

A luz sempre foi considerada um fenómeno misterioso por todas as civilizações. Para os egípcios, a luz é Maât, filha de Ra, enquanto que para os gregos, o fogo foi roubado da montanha dos deuses, por Prometeu.

Devido à sua importância "sem luz não é possível ver", desde cedo o homem se preocupou em estudar os fenómenos a ela associados, ainda que ao longo do tempo defendessem teorias diferentes e por vezes contraditórias. Filósofos gregos como Pitágoras, Demócrito, Empedocle, Platão, Euclides, Aristóteles e outros, desenvolveram várias teorias sobre a luz. Aristóteles desenvolveu uma teoria semelhante à teoria do *éter* muito em voga no século XIX, contrária à teoria dos atomistas que consideravam que a luz, tal como toda a matéria, era constituída por átomos.

Também sobre o mecanismo de visão apareceram várias teorias, Platão defendia que a visão se devia ao encontro entre os raios emitidos pelo olho com os emitidos pelos corpos, enquanto que para os atomistas a visão era devida ao envio de simulacros dos objectos para os olhos (Rosmorduc, 1983).

Euclides, na sua obra *A Óptica e a Catatrópica*, afirmou que a luz se propagava em linha recta e enunciou as leis da reflexão, enquanto que Herão da Alexandria procurou explicar a refracção ao afirmar que a luz percorria sempre o caminho mais curto entre dois pontos (Hecht, 1991).

Em 1657, Pierre Fermat afirmou que a luz, ao propagar-se de um ponto para o outro, escolhe o caminho para o qual o tempo de percurso é mínimo, mesmo que tenha que se desviar relativamente ao caminho mais curto, lançando assim as bases para as leis da refracção.

No início do século XVIII, Newton desenvolveu a teoria corpuscular da luz, ao supor que todos os corpos luminosos emitem *corpúsculos*, que viajando em linha recta, atingem os

nossos olhos e nos dão a sensação de luz. Com base nesta teoria explicou as leis da reflexão e da refracção, apesar de, contrariamente ao que hoje se conhece, concluir que a velocidade da luz era maior no vidro ou na água que no ar.

Christian Huygens, contemporâneo de Newton, defendia que a luz, quando sai da fonte, espalha-se tal como o som em ondas esféricas, e não como a onda resultante do impacto de uma pedra na água de um lago que se espalha em todas as direcções de um plano•.

Devido à pressuposta infalibilidade de Newton, a teoria ondulatória teve muito poucos seguidores, nem mesmo quando em 1801, Thomas Young redescobriu esta teoria, com base nas experiências sobre difracção e interferências, ela foi aceite. No entanto, quando o físico francês, Augustin Fresnel conseguiu estabelecer uma base matemática da teoria ondulatória, esta foi definitivamente aceite.

Em 1845, Michael Faraday estabelece uma relação entre o electromagnetismo e a luz, ao descobrir que a direcção de polarização de um feixe pode ser alterada por um campo magnético. No entanto, apenas em 1864, James Clerk Maxwell, ao dar forma matemática às ideias de Faraday, estabeleceu as bases teóricas do electromagnetismo. A partir daqui, a teoria ondulatória ganha vantagem sobre a teoria corpuscular.

Todavia em 1887, Hertz, ao mesmo tempo que consegue captar num circuito eléctrico ondas electromagnéticas geradas num outro circuito idêntico, descobre simultaneamente o efeito fotoeléctrico, verificando que ao fazer incidir luz numa superfície metálica, são ejectados alguns electrões da superfície. Porém, quando se aumenta a intensidade do feixe incidente, sem alterar a frequência da luz, verifica-se que contrariamente ao previsto na teoria ondulatória, o número de electrões cresce, mas a sua energia cinética não sofre alteração, e abaixo de uma frequência limite não é possível extrair electrões, seja qual for a intensidade da luz incidente. Perante este facto, a natureza ondulatória do campo electromagnético parece difícil de sustentar, contudo as múltiplas experiências que sustentam essa teoria não permitem que esta possa ser posta em causa.

• Concepção alternativa muito comum nos jovens que ainda não atingiram o estágio das operações formais.

Estas contradições foram resolvidas por Einstein em 1905, com base na teoria dos quanta, proposta por Max Plank para a radiação de um corpo negro, ao considerar que fazendo incidir luz numa superfície metálica, era o mesmo que disparar um feixe de partículas, fazendo assim a união entre as duas teorias, ao considerar que o campo electromagnético é constituído por fotões (quanta), cada um com a energia, $E = h\nu$

h constante de Planck, ν frequência do fotão.

O conhecimento evoluiu desde os filósofos gregos até aos nossos dias a um ritmo cada vez mais rápido, permitindo o desenvolvimento de técnicas e tecnologias no domínio da óptica, que hoje consideramos indispensáveis à nossa forma de vida.

4.2 Investigação de algumas ideias dos alunos sobre a luz e visão

Já existe alguma investigação sobre as ideias dos alunos no domínio da luz e visão.

Estas concepções começam a construir-se desde muito cedo e, por vezes, o ensino não só não as consegue erradicar, como também as reforça.

Jovens de menor idade identificam a luz com a fonte, enquanto que os de idade compreendida entre os 12 e 16 anos, a associam com uma entidade física que preenche todo o espaço e como algo que existe entre a fonte e o objecto.

Uma outra concepção é a visão estática da luz. Devido à sua elevada velocidade afirmam que esta se propaga instantaneamente; porém, simultaneamente, afirmam que a luz vem do Sol para a Terra ou que a luz entra pela janela, representando-a por raios o que lhe confere um carácter dinâmico.

Em relação ao mecanismo de visão, as concepções podem agrupar-se nas quatro tipologias representadas na figura 4.1:

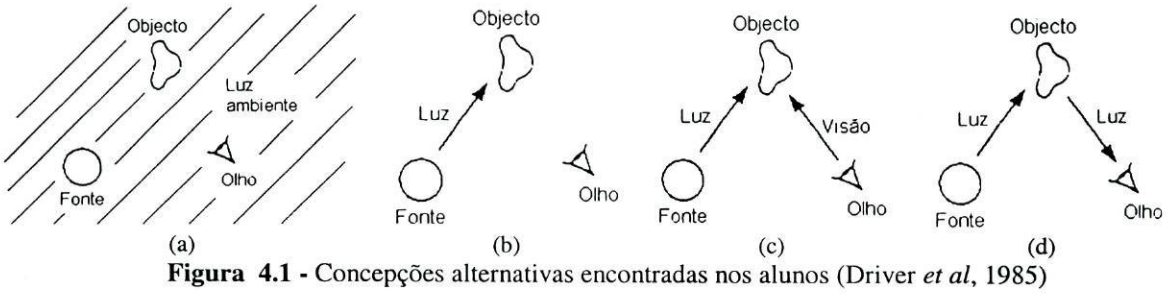


Figura 4.1 - Concepções alternativas encontradas nos alunos (Driver *et al*, 1985)

a e b – não existe nenhuma relação entre o objecto e o olho.
c - raios de visão do olho ao objecto.
d - visão científica.

Em relação à cor também existem muitas ideias diferentes das cientificamente correctas, sendo as mais comuns:

A cor é uma propriedade característica dos objectos (Hirrezuelo e Montero, 1989).

A cor da luz mistura-se com a cor dos objectos.

O vidro colorido pinta a luz.

O preto e o branco são cores (Leite, 1997).

4.3 Alguns fundamentos teóricos sobre a luz e visão

4.3.1 Ondas ou partículas

Em face das teorias ondulatória e corpuscular, defendida cada uma delas por vários cientistas, cabe-nos perguntar o que é a luz? É corpúsculo ou onda?

Estamos perante um dilema; a teoria ondulatória explica a difracção e as interferências, porém, apenas a teoria corpuscular explica o efeito fotoeléctrico a qual, todavia, não explica a difracção e a interferência.

O problema foi resolvido em 1923 por Louis de Broglie. Na sua tese de doutoramento propôs a equivalência entre fotões e as partículas materiais. A partir da equivalência matéria energia $E = mc^2$ e a energia do fotão $E = h\frac{c}{\lambda}$, relacionou o comprimento de onda com o momento linear $\lambda = \frac{h}{p}$, concluindo, então, que todas as partículas e não só os fotões têm natureza ondulatória. Então se partículas como os electrões têm carácter ondulatório, também o fotão tem carácter corpuscular; assim, não sendo ondas nem corpúsculos, apresentam uma dupla identidade, onda – partícula, isto é, propaga-se como se fosse uma onda e troca energia como se fosse uma partícula.

4.3.2 Fontes de luz

As fontes de luz podem ser naturais ou artificiais. A luz resulta da excitação dos átomos ou das moléculas a níveis de energia superiores ao estado fundamental. Depois de excitados,

os electrões, de modo espontâneo ou estimulados, decaem para níveis de energia inferiores, emitindo fotões cuja energia é igual à diferença de energia entre os níveis correspondentes.

$$\Delta E = h\nu$$

A excitação dos átomos ou moléculas pode ser feita por diversos processos, tais como:

Passagem de uma corrente eléctrica, como nas lâmpadas de tungsténio ou nos tubos de gás ionizado dos reclamos luminosos.

Aquecimento directo, aquecimento do ferro a temperaturas elevadas.

Radiação electromagnética, como nas lâmpadas fluorescentes e indução.

Reacções químicas como, nos pirilampos.

4.3.3 Detectores de luz

A luz pode ser detectada por vários dispositivos que podemos dividir em duas categorias:

Detectores térmicos, que respondem à energia térmica libertada por absorção da radiação incidente

Detectores quânticos, que respondem à taxa de incidência de fotões.

Dentro dos primeiros temos:

Termopares, formados por junção de dois metais ou semicondutores diferentes.

Termístores, formados por semicondutores, que variam a sua resistência eléctrica em conformidade com a temperatura a que estão submetidos.

Radiómetros, constituídos por quatro pás, cada uma com uma face branca e uma face preta que rodam livremente num eixo vertical, dentro de um balão de vidro fechado. Quando a luz incide no radiómetro, os fotões que incidem na superfície branca são reflectidos e os que incidem na superfície negra absorvidos, originando uma diferença de temperatura entre as duas faces.

As moléculas do ar no seu movimento chocam com as pás, porém as que embatem na face negra a maior temperatura saem com energia superior às que saem da face branca, por

conseguinte o momento linear transmitido às pás é superior na face negra relativamente à outra face. As pás rodam no sentido de a face branca se deslocar para a frente.

Em relação aos detectores quânticos, podem ser *químicos*, olho do homem ou de animais e chapa fotográfica, ou *fotoemissores*.

4.3.4 Detectores químicos

4.3.4.1 Olho

Olho será analisado no ponto 4.4.12

4.3.4.2 Película fotográfica

Alguns produtos químicos mudam de cor quando expostos à luz. Esta propriedade é utilizada nas películas fotográficas, cuja superfície tem uma ou mais camadas de sais de prata (AgBr) muito sensíveis à luz "emulsões".

Quando se abre o obturador da máquina fotográfica, a luz proveniente das diversas partes dos objectos fotografados activam os cristais de AgBr escurecendo-os, sendo a extensão da reacção química proporcional à intensidade da luz.

4.3.4.3 Fotorresistência

Bloco semicondutor que, por exposição à luz, aumenta os portadores de carga livre, diminuindo a sua resistência.

4.3.4.4 Fotodíodo

É um semicondutor com uma união PN, envolvido por uma cápsula transparente para receber a luz. Os fotões incidentes fazem variar as condições de condutibilidade da união PN, permitindo assim o controlo de outros circuitos em conformidade com a intensidade luminosa.

4.3.5. Fotoemissores

4.3.5.1 Célula fotoeléctrica

É formada por uma ampola de vidro da qual se extraiu o ar e contém dois eléctrodos, cátodo e ânodo, sendo o cátodo fotoelectricamente sensível a determinada radiação.

Quando se ilumina o cátodo com a radiação adequada e se estabelece uma diferença de potencial entre o cátodo e o ânodo, surge no circuito exterior uma intensidade de corrente, que pode ser controlada fazendo variar a d. d. p. entre o cátodo e o ânodo da ampola.

4.3.5.2 Fotomultiplicadores

Utilizados em contadores de cintilação, e tal como a célula fotoeléctrica, também utiliza a emissão de electrões por efeito fotoeléctrico.

Quando um fotão atinge uma placa, liberta um electrão que é atraído para outra placa carregada positivamente onde vai libertar mais electrões, repetindo-se sucessivamente o processo até que muitos electrões sejam extraídos.

4.3.6 Efeito fotoeléctrico

Quando Hertz em 1887, detectou as ondas electromagnéticas, também descobriu o efeito fotoeléctrico.

Com base nas experiências de Hertz, Lenard em 1900 desviou os raios emitidos por superfícies expostas à luz.

Quando a luz incide no cátodo, são emitidos electrões que podem atingir o ânodo, dando origem a uma corrente no circuito exterior. O número destes electrões que atinge o ânodo pode ser controlado variando a d. d. p. V, entre o ânodo e o cátodo, (figura 4.2).

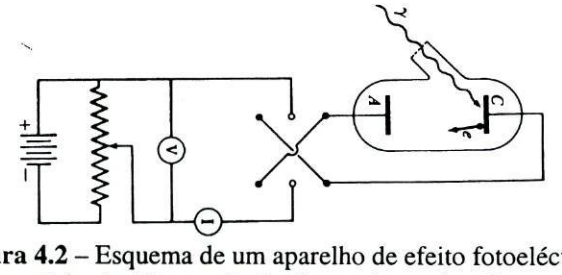


Figura 4.2 – Esquema de um aparelho de efeito fotoeléctrico.
A luz incide no cátodo C que ejecta electrões

Com esta experiência, Lenard verificou, tal como era esperado, que a intensidade de corrente máxima é proporcional à intensidade da luz incidente. Simultaneamente verificou, que só os electrões com energia cinética superior a eV_o atingiam o ânodo (e carga elementar e V_o, potencial de freamento) e que o potencial de freamento é independente da intensidade da luz.

Einstein explicou este efeito, ao considerar que a quantização de energia proposta por Planck para o corpo negro, é uma característica universal da luz.

Quando um quantum, que designou como fotão, incide no cátodo, a energia é transferida para o electrão cuja energia cinética é relacionada com o potencial de freamento, com a energia do fotão e com a função trabalho (energia necessária para remover o electrão)

$$eV_o = \frac{1}{2} m_e v^2 = h\nu - E_{remoção}$$

4.3.7 Como se propaga a luz

A propagação rectilínea da luz era conhecida desde a antiguidade. Já Herão de Alexandria, afirmava que a luz percorria sempre o caminho mais curto entre dois pontos.

Em 1657, Pierre Fermat, com base no princípio de Herão, e, desconhecendo o trabalho de Descartes, afirmou que a luz, ao propagar-se de um ponto para outro, escolhe sempre o caminho que demora menos tempo a percorrer, ainda que tenha que se desviar do caminho mais curto.

Quando Maxwell formulou as equações que descrevem a estrutura do campo electromagnético, era conhecido que as ondas mecânicas necessitavam de um meio de suporte para se propagarem, porém a luz atravessava o vácuo. Para resolver este dilema, Huygens sugeriu a existência de uma substância "éter luminífero" que faz parte de todo o Universo e que servia de suporte às ondas luminosas.

Este conceito, com mais ou menos defensores, perdurou até ao início do século XX, porém, já a partir de 1881 começou a ser contestado, quando Albert Michelson e Edward Morley, utilizando um interferómetro, procuraram medir a velocidade da luz em relação à Terra, e desta em relação ao éter, verificaram que, ao contrário do previsto, não existia qualquer deslocamento da Terra em relação ao éter.

Este conceito foi definitivamente enterrado por Einstein em 1905, com os seus postulados:

- Não se pode perceber o movimento absoluto.
- A velocidade da luz é independente do movimento da fonte.

Com estes dois postulados a introdução do éter é supérflua, não necessitando o espaço de quaisquer propriedades especiais para transmitir a luz.

4.3.8 Velocidade de propagação da luz

Até meados do século XVII, acreditava-se que a luz se transmitia instantaneamente de um ponto para outro. Galileu contestava este conceito, porém as experiências que realizou com a ajuda de um assistente e duas lanternas colocadas em duas colinas foram um fracasso, devido à elevada velocidade da luz e ao facto de não ser possível na altura medir intervalos de tempo da ordem dos micro segundos.

Ole Roemer, observando o movimento de Io, uma das luas de Júpiter, determinou o valor para a velocidade da luz $c =$ 200 000 km/s, valor este dentro da ordem de grandeza daquele que conhecemos actualmente.

Foi já no século XIX que o físico francês Fizeau conseguiu medir a velocidade da luz com bastante precisão, fazendo passar a luz através de uma roda dentada até atingir um espelho situado a 16 km sendo então reflectida até ao observador, depois de passar novamente pela roda dentada. Por este processo chegou ao valor de $c = 3{,}13 \times 10^8$ m/s.

Em 1862 Foucault, melhorou o método de Fizeau, e encontrou um valor mais preciso $c = 2{,}98 \times 10^8$ m/s, outras experiências se seguiram, porém é de destacar a realizada em 1887, por Michelson e Morley utilizando um interferómetro para medir a velocidade da luz encontraram o valor $c = 2{,}9977 \times 10^8$ m/s, muito próximo do que hoje se aceita.

Quando em 1860 Maxwell descobriu as leis experimentais do electromagnetismo, mostrou através das suas equações que o campo eléctrico se propagava como uma onda transversal. Concluindo, empiricamente, que a sua velocidade apenas dependia das propriedades eléctricas e magnéticas do meio $c = \dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon_o \mu_o}}$, que era concordante com os valores determinados experimentalmente, sendo hoje postulado que a velocidade no vácuo é $c = 299792457 \text{ m s}^{-1}$.

4.3.9 Cor dos objectos

A sensação de cor dos objectos, depende não só de factores físicos, mas também de factores fisiológicos e psicológicos.

Os factores físicos, são característicos da absorção ou transmissão selectiva da luz, pelos objectos iluminados, os fisiológicos, da resposta do órgão de visão ao estímulo luminoso e os psicológicos da natureza cognitiva resultante da experiência.

Em face destes factores, podemos definir dois conceitos de cor:

Cor objectiva, caracterizada pelo espectro cromático da luz, que estimula o olho.

Cor subjectiva, depende da resposta do sistema olho-cérebro à energia radiante recebida dos objectos.

Não existe uma relação biunívoca entre a cor objectiva e a subjectiva, uma vez que a cada cor objectiva corresponde uma só cor subjectiva. O contrário não se verifica. Assim, por exemplo, a sensação de amarelo pode ser causada por uma cor espectral $\lambda = 580$ nm, ou pela combinação das cores espectrais vermelha e verde, sendo até possível criar cores subjectivas que não existem no espectro " L . M. Bernardo".

A retina do olho humano tem duas espécies de células sensíveis à luz "cones e bastonetes". Os bastonetes são responsáveis pela visão em lugares escuros e não são sensíveis à cor e, se apenas estes actuassem, veríamos o mundo a preto e branco; os cones são sensíveis à cor e, como sugeriu Herman von Helmholtz (1821 – 1894), existem três grupos de cones, β sensíveis ao azul, γ sensíveis ao verde e ρ sensíveis ao vermelho.

Porém, cada tipo de cones não é sensível apenas a radiações de um único comprimento de onda, a sua resposta abrange uma banda que se sobrepõe com outro tipo (gráfico 4.1).

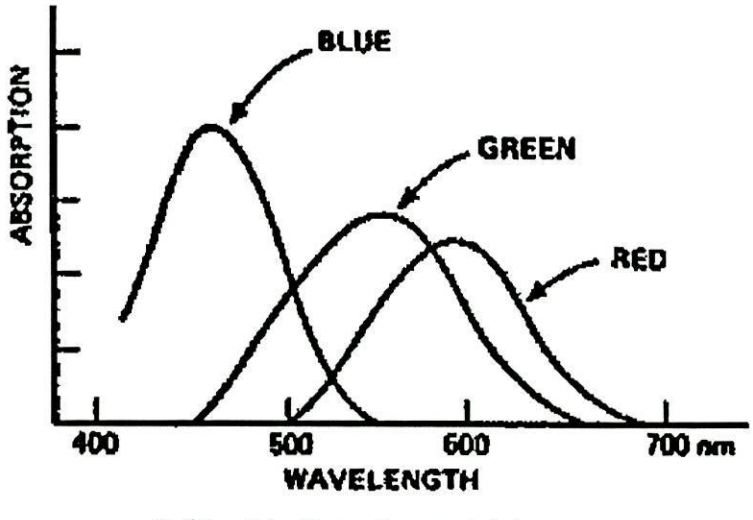


Gráfico 4.1 - Resposta espectral dos cones

Quando a luz chega à retina, um ou mais tipos de cones ficam sensibilizados em conformidade com a cor. Assim, por exemplo, a luz amarela produzirá igual resposta nos cones ρ e γ e nenhuma nos cones β.

A cor dos objectos resulta da absorção selectiva das cores pelos objectos iluminados. Assim, um objecto será verde, se absorver todas as cores e reflectir ou transmitir o verde.

A mistura de luzes coloridas, "síntese aditiva", dá resultados diferentes da mistura de tintas "síntese subtractiva".

Na síntese aditiva, a luz branca pode ser obtida pela adição de todas as cores do espectro ou pela adição de três cores primárias, vermelho, verde e azul "R. G. B.".

Vivemos num mundo colorido e esta coloração não resulta apenas da adição de cores, mas também da subtracção de cores, sendo o ciano, o magenta e o amarelo as cores primárias em pintura.

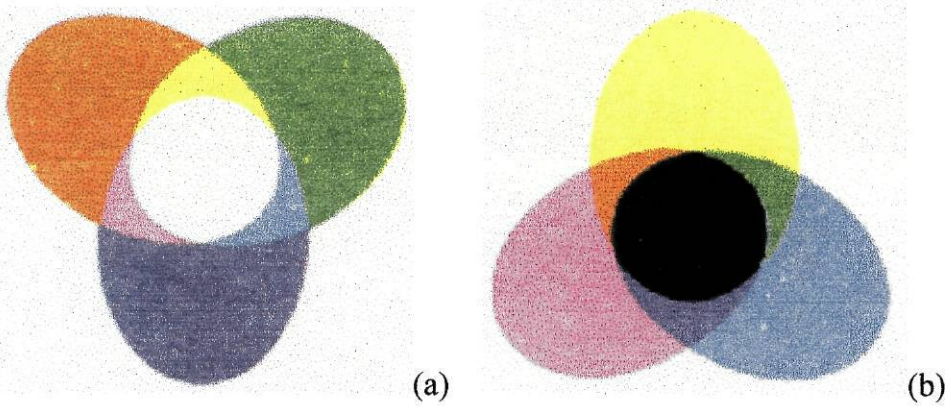


Figura 4.3 - Mistura de cores. a) mistura aditiva , b) mistura subtractiva

4.3.10 Decomposição da luz branca

Foi Newton quem primeiro descreveu os fenómenos cromáticos, utilizando prismas. Concluiu que a luz branca é uma mistura de cores independentes que podem ser separadas e novamente misturadas, verificando também que nenhuma das cores resultantes da luz branca pode ser separada.

A refracção da luz está na base do fenómeno de dispersão e é consequência de os índices de refracção diminuírem ligeiramente com o aumento do comprimento de onda, por conseguinte, quando um feixe de luz branca incide com um determinado ângulo num prisma, os raios com menor comprimento de onda " violeta" são mais desviados que os raios de maior comprimento de onda "vermelhos".

A separação da luz, também pode ser feita por interferência. Este fenómeno, para além de se utilizar em experiências de óptica, também ocorre em muitos objectos e animais, dando origem a desenhos complexos de cores brilhantes. Se olharmos para películas de óleo sobre a água, bolhas de sabão ou para as asas de um pavão, vemos um determinado padrão de cores que se altera ou mesmo desaparece se olharmos de um ângulo diferente.

4.3.11 Arco – íris

Foi o filósofo francês René Decartes o primeiro a descrever os mistérios do arco–íris, ao demonstrar que os raios que entram nas gotas de água se concentram nas proximidades do ângulo máximo de desvio, aproximadamente 42º; por conseguinte, este é observado, quando se olham as gotas de água segundo aquele ângulo, no entanto, a sua descrição apenas foi entendida cientificamente, quando Newton descobriu que a luz se decompõe por dispersão.

O arco – íris ocorre por dispersão da luz solar ao refractar-se nas gotas de água.

Quando os raios entram numa gota, são refractados, reflectidos na superfície posterior e novamente refractados, quando saem da gota.

Decartes mostrou que o arco – íris é um arco circular em torno de um ponto directamente oposto ao Sol.

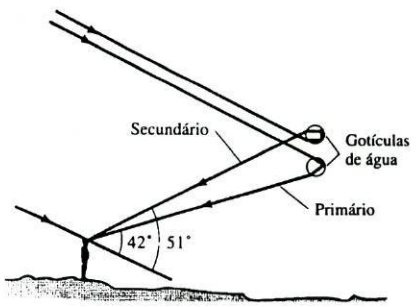


Figura 4.4 - Dispersão da luz nas gotas de água. Física, Paul Tipler

Como se ilustra na figura 4.4, as cores saem da gota com ângulos diferentes; o observador não recebe todas as cores da mesma gota. Num arco primário "uma só reflexão", o vermelho aparece por cima e o azul por baixo do arco e as outras cores em arcos intermédios. Num arco secundário "duas reflexões", as cores aparecem invertidas.

4.3.12 Propagação da luz em meios não homogéneos

Em meios não homogéneos o índice de refracção do meio varia gradualmente e a luz não se propaga em linha recta.

É a variação contínua do índice de refracção do ar com a temperatura que explica o fenómeno de, quando viajamos numa estrada asfaltada em dias de calor, termos a impressão de que a estrada está molhada, isto deve-se ao facto da camada de ar junto ao asfalto ter menor índice de refracção do que as camadas que estão por cima.

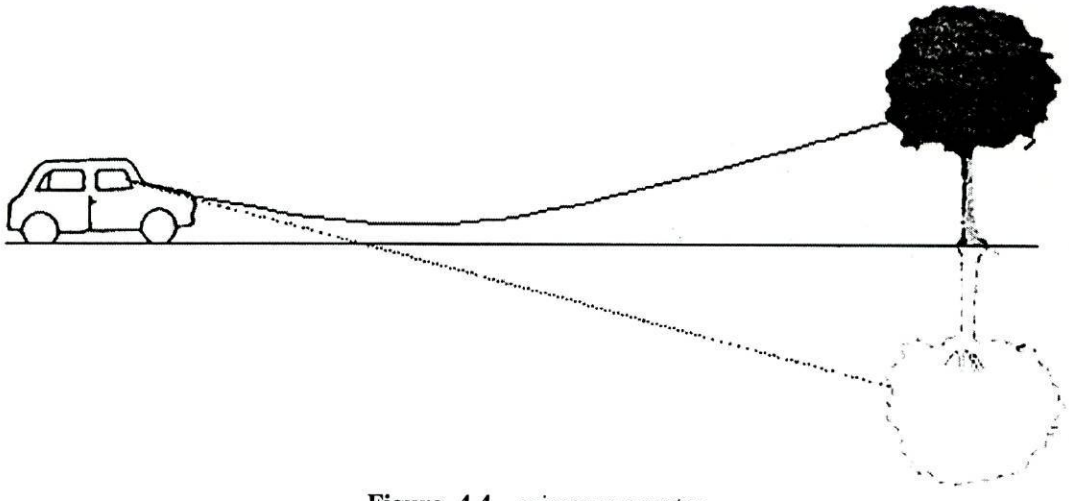


Figura 4.4 - miragens quentes

Também é devido à variação do índice de refracção na atmosfera, que nos permite observar o Sol mesmo depois de se encontrar abaixo da linha do horizonte.

4.3.13 Difusão

Quando um raio de luz incide numa superfície polida, cujas irregularidades superficiais são pequenas relativamente ao comprimento de onda, a reflexão é especular, ou seja, numa única direcção, caso contrário, a reflexão ocorre em múltiplas direcções, isto é, houve difusão da luz.

Na maioria dos corpos, a reflexão é difusa, pois só assim, é possível vê-lo de várias posições ou ao mesmo tempo por vários observadores.

É a difusão da luz, nas partículas de poeira ou de fumo em suspensão, que permite observar o percurso de um foco de luz.

4.3.14 Reflexão e Refracção

A reflexão e a refracção da luz podem ser estudados com base no princípio de Fermat "*a trajectória seguida pela luz entre dois pontos, é aquela que resulta num intervalo de tempo mínimo*".

Se os dois pontos estiverem colocados no mesmo meio, o percurso é uma linha recta, a não ser que o meio não seja homogéneo, porém, no caso de os dois pontos pertencerem a dois meios homogéneos diferentes, o percurso é formado por duas rectas distintas unidas na superfície de separação.

Com base na aproximação à óptica geométrica, Snell, em 1621, estabeleceu as leis da reflexão e da refracção.

Os raios incidente, reflectido e refractado e a normal à superfície situam-se no mesmo plano,

$$\theta_i = \theta_r$$

$$n_i \operatorname{sen}\theta_i = n_t \operatorname{sen}\theta_t$$

θ_i, θ_r e θ_t, são respectivamente os ângulos de incidência de reflexão e de refracção e n_i e n_t os índices de refracção do primeiro e do segundo meios.

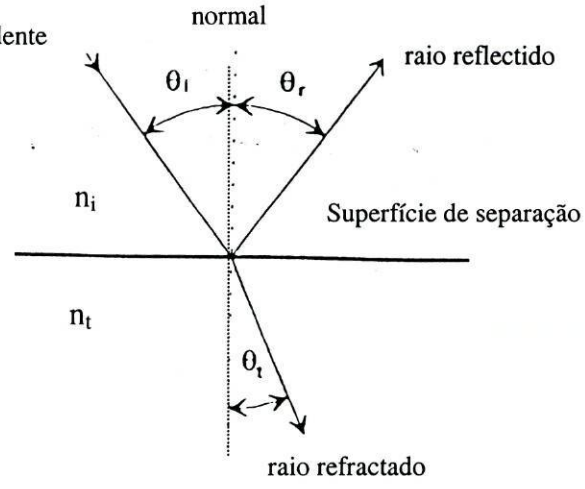


Figura 4.5 - Leis da reflexão e refracção

As velocidades de propagação nos dois meios ópticos estão relacionadas com os índices de refracção e com os ângulos de cada um dos raios com a normal.

$$\frac{v_i}{v_t} = \frac{\operatorname{sen}\theta_i}{\operatorname{sen}\theta_t} = \frac{n_t}{n_i}$$

Excepto quando o raio incide perpendicularmente à superfície de separação, o raio transmitido não tem a direcção do raio incidente, aproximando-se ou afastando-se da normal, quando a velocidade de propagação no segundo meio é inferior ou superior à velocidade de propagação no primeiro meio.

4.3.15 Reflexão total

Quando $\theta_t = \frac{\pi}{2}$, o ângulo θ_i designa-se por ângulo limite, para ângulos superiores ao ângulo limite, não é possível a refracção.

Da lei da refracção $\frac{n_i}{n_t} = \frac{sin\frac{\pi}{2}}{\operatorname{sen}\theta_i}$ verifica-se que só é possível a reflexão total, quando a luz passa de um meio mais refrangente para outro menos refrangente, isto é, $n_i > n_t$

4.3.16 Difracção

A difracção, ilustrada na figura 4.6, tal como a interferência, é um dos fenómenos que distingue as ondas das partículas.

A difracção resulta da curvatura das ondas em torno das arestas e tem como consequência a propagação da onda, em regiões não previstas pela óptica geométrica.

4.3.17 Fenda simples

No caso de uma fenda simples, de largura a, atrás da qual e muito afastada se coloca um alvo, quando a luz atravessa a fenda, surgem no alvo zonas iluminadas e zonas não iluminadas, de um lado e do outro de um máximo central onde está concentrada a maior intensidade da luz.

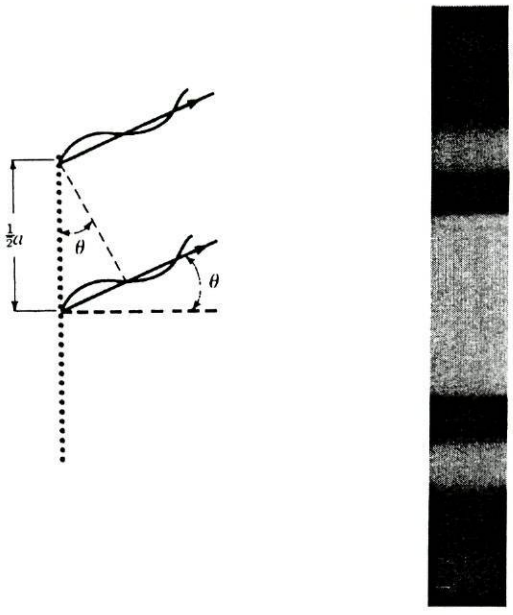


Figura 4.6 - Difracção por uma fenda simples

Os máximos e os mínimos da intensidade podem ser determinados pelo princípio de Huygens, se considerarmos uma sequência de pontos de uma frente de onda, a partir dos quais se geram novas ondículas que interferem. Os pontos de intensidade nula são determinados pela relação.

$$\frac{a}{2}\operatorname{sen}\theta = \left(m \pm \frac{1}{2}\right)\lambda \Leftrightarrow a\operatorname{sen}\theta = (2m \pm 1)\lambda \quad \text{com } m = 0, 1, 2, ...$$

Esta relação mostra que o padrão de interferência se reduz, quando se aumenta a largura da fenda ou diminui o comprimento de onda.

4.3.18 Redes de difracção

As redes de difracção são constituídas por uma série de elementos repetidos, aberturas no caso de redes de transmissão e obstáculos nas redes de reflexão.

A equação das redes $a\operatorname{sen}\theta_m = m\lambda$, em que a é a separação entre as linhas e m, é a ordem dos máximos principais, correspondendo $m = 0$ ao máximo central.

Como a equação das redes depende de λ, os máximos das diversas radiações surgem em ângulos θ_m, diferentes, obtendo-se assim um espectro contínuo de cores.

4.3.19 Interferência

A interferência é um fenómeno que pode ser observado em experiências ópticas e em muitos objectos ou animais tais como em gotas de sabão, películas de óleo, caudas de pavão, etc., dando origem a um padrão de cores que se altera com a posição de observação.

Resulta de duas ou mais ondas coerentes "*espacialmente e temporalmente*" interferirem no espaço e, quando são observadas num plano, surgem zonas luminosas e zonas escuras.

A coerência obtém-se a maior parte das vezes, por divisão da luz proveniente de uma única fonte em dois ou mais feixes.

4.3.20 Interferência em películas delgadas

Quando a luz incide numa película delgada de espessura uniforme *l*, a luz é parcialmente reflectida e parcialmente refractada em cada uma das superfícies de separação; no caso de uma película de água, a velocidade de propagação na água é menor do que no ar e, por conseguinte, o seu comprimento de onda λ' no interior da película é inferior ao comprimento de onda λ no ar ($\lambda' = \frac{\lambda}{n}$).

Quando a película é observada quase na vertical, o aspecto aos olhos do observador depende da diferença de fase entre os raios reflectidos na primeira superfície e na segunda superfície. Esta diferença de fase resulta da diferença entre os percursos ópticos do feixe reflectido externamente e o feixe reflectido internamente e à variação de fase relativa de π radianos.

A interferência construtiva no olho do observador, quando a onda sofre uma mudança de fase de 180 º numa reflexão, pode ser escrita

$$2nl = (m + \tfrac{1}{2})\lambda$$

e para a interferência destrutiva

$$2nl = m\lambda$$

com $m = 0, 1, 2, \ldots$ e n o índice de refracção da película.

4.3.21 Polarização

Uma das diferenças entre uma onda sonora e uma onda electromagnética, que se propagam no ar, é que, a primeira não pode ser polarizada, porque a direcção da vibração é paralela à direcção de propagação.

As ondas electromagnéticas, geradas por um átomo, são polarizadas; porém, como a luz é gerada por milhões de átomos que emitem independentemente uns dos outros, a luz não é polarizada. O campo eléctrico vibra em todas as direcções de um plano perpendicular à direcção de propagação, contudo a luz pode ser polarizada linearmente, quando a direcção do campo eléctrico é constante ou, circularmente, quando a direcção do campo eléctrico roda continuamente.

A polarização da luz pode ser realizada por absorção, quando a luz atravessa certos cristais que absorvem ou transmitem a luz em conformidade com a sua polarização (esta característica foi utilizada na construção de polaróides, constituídos por moléculas de hidrocarbonetos de longas cadeias); por difusão em partículas muito finas que polarizam a luz que é difundida perpendicularmente à direcção de propagação; por reflexão, quando o ângulo entre o raio reflectido e refractado fazem 90 º entre si, o ângulo de incidência é igual ao ângulo de Brewster. Nestas condições é nulo o coeficiente de reflexão associado à polarização π e, por conseguinte, a luz reflectida é polarizada.

4.3.22 Óptica geométrica

O mecanismo da visão envolve aspectos fisiológicos e psicológicos, porém a percepção dos objectos envolve um processo puramente físico.

Assim, é importante estudar o processo de formação de imagens no quotidiano, que a este nível, deve ser tratado através da óptica geométrica, que envolve o conceito de raio luminoso.

Como o comprimento de onda da luz, é em geral muito mais pequeno que os objectos ou do que as aberturas que atravessa, a curvatura das ondas nas arestas ou nas aberturas pode ser desprezável e, por conseguinte, pode considerar-se como boa aproximação que a luz se propaga em linha recta em meios homogéneos, as sombras dos objectos são bem definidas.

O estudo dos fenómenos, em que a aproximação de desprezar a difracção é válida, designa-se por óptica geométrica. Para este estudo, tem que ser introduzido o conceito de raio

luminoso, como sendo uma linha no espaço com a direcção e sentido da propagação da energia radiante.

A óptica geométrica pode ser aplicada ao estudo da reflexão e da refracção, contrariamente aos fenómenos de difracção e de interferências que apenas podem ser estudados através da óptica Física.

4.4 Alguns componentes ópticos que fazem parte do programa do 8º ano.

Os componentes ópticos são usados isoladamente ou integrados em sistemas mais complexos.

4.4.1 Lâminas de faces paralelas

Como o seu nome indica, são constituídas por placas, cujas interfaces separam dois meios ópticos com índices de refracção diferentes.

Um feixe colimado, que atravessa uma lâmina de faces paralelas, sofre um desvio lateral, que depende da inclinação da lâmina em relação ao feixe.

4.4.2 Prismas

Um prisma é essencialmente constituído por duas faces não paralelas "as outras não são relevantes".

Os prismas podem ser de dispersão ou de reflexão. No caso dos prismas de dispersão, o seu índice de refracção depende do comprimento de onda; por conseguinte, quando um feixe de luz branca incide numa das faces do prisma, os raios das várias cores, que constituem o feixe, são refractados em várias direcções, podendo então observar-se as cores do espectro quando se projectam num alvo.

4.4.3 Espelhos planos

São usados para alterar o percurso óptico da luz e para obter imagens.

As imagens dadas por estes espelhos podem ser determinadas a partir das leis da reflexão aplicadas aos raios luminosos provenientes do objecto e incidentes no

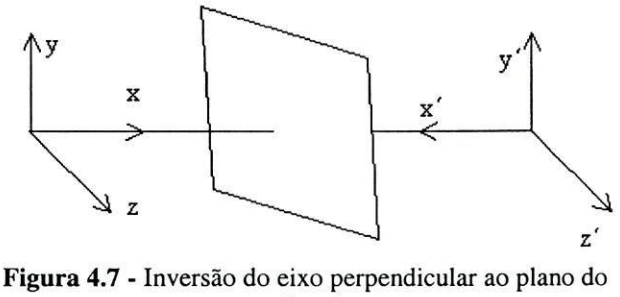


Figura 4.7 - Inversão do eixo perpendicular ao plano do espelho plano

espelho.

São imagens virtuais, direitas, do mesmo tamanho do objecto e simétricas em relação ao plano do espelho, isto é, sofrem inversão do eixo perpendicular a este plano (figura 4.7).

4.4.4 Espelhos curvos

Um espelho esférico é uma pequena fracção de uma superfície esférica espelhada, que altera a curvatura de frentes de onda e tem a propriedade de formar imagens.

A posição do foco dos espelhos esféricos pode ser encontrada, se fizermos incidir raios paralelos sobre o espelho e encontrar o ponto de intercepção dos raios reflectidos, no caso dos espelhos côncavos "*foco real*", ou dos seus prolongamentos nos espelhos convexos "*foco virtual*".

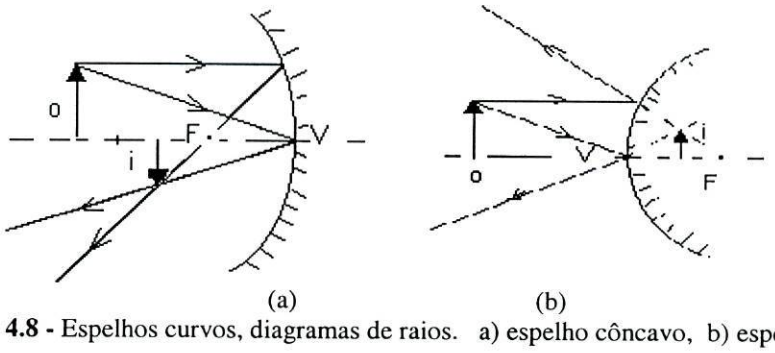
Apenas os raios paraxiais "*raios que atingem o espelho próximo do eixo principal*" são reflectidos para o ponto imagem, porém, quando atingem o espelho afastados do eixo, convergem para diferentes pontos na vizinhança do ponto imagem, dando origem a uma imagem pouco nítida "*aberração esférica*".

Equação dos espelhos "equação de Gauss" na região paraxial.

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} \text{ com } f = -\frac{R}{2}$$

Considerando que a luz vem da esquerda, f, s_o e s_i são positivas (reais), à esquerda do espelho, e negativas (virtuais) à direita do espelho, em que f, s_o e s_i são respectivamente a distância focal, a distância objecto e a distância imagem medidas a partir do vértice.

Podemos localizar as imagens dadas pelos espelhos curvos utilizando um diagrama de raios, com dois dos quatro raios principais (figura 4.8):



(a) (b)

Figura 4.8 - Espelhos curvos, diagramas de raios. a) espelho côncavo, b) espelho convexo

1-raio incidente paralelo ao eixo principal reflecte-se segundo uma direcção que passa pelo foco do espelho.

2-raio incidente segundo uma direcção que passa pelo foco reflecte-se paralelamente ao eixo do espelho.

3-raio incidente que passa pelo centro de curvatura atinge a superfície perpendicularmente e reflecte-se na mesma direcção.

4-raio incidente no vértice do espelho reflecte-se fazendo com o eixo do espelho, um ângulo de reflexão igual ao de incidência.

As imagens de objectos reais, obtidas através dos espelhos côncavos podem ser reais e invertidas ou virtuais e direitas, porém, as imagens de objectos reais, dadas pelos espelhos convexos, são sempre virtuais e direitas.

4.4.5 Lentes

Lentes são sistemas ópticos constituídos por meio limitado, por superfícies curvas (dióptricos) e são utilizadas para alterar as frentes de onda.

Apesar de terem as mais diversas formas, em conformidade com a sua utilização, a nível do 8º ano, apenas se estudam as lentes cilíndrica e delgadas "*por se desprezar a espessura da lente*" e que são aplicadas ao espectro visível.

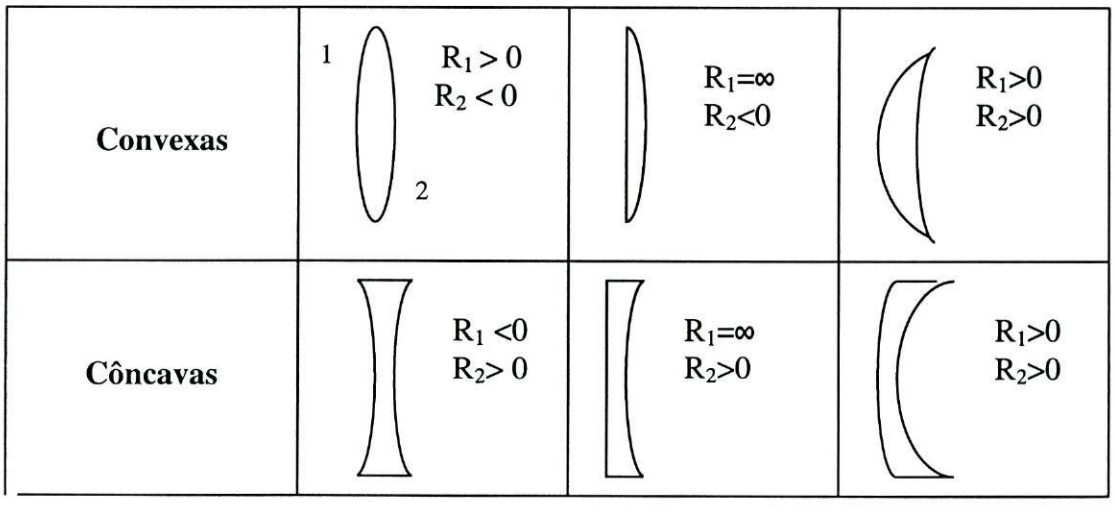


Figura 4.9 - Alguns tipos de lentes mais comuns, em que a superfície 1 é a da esquerda e o seu raio é R_1

A distância focal destas lentes, quando mergulhadas no ar $n_{ar} = 1$, pode ser determinada a partir da equação dos fabricantes de lentes,

$$f = \frac{1}{n-1}\frac{R_1 R_2}{R_1 - R_2}$$

podendo os focos ser determinados tal como nos espelhos curvos, fazendo incidir feixes de raios paralelos ao eixo principal, estes convergem para o foco nas lentes convergentes e divergem como se partissem do foco nas divergentes.

Uma característica muito importante das lentes é a sua potência ou vergência, sendo positiva nas lentes convergentes e negativa nas divergentes. $p = \frac{1}{f}$ cuja unidade é a dioptria.

A equação de Gauss $\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f}$ também pode ser utilizada nas lentes, se tivermos em atenção a convenção de sinais:

a distância objecto s_o, é positiva para um objecto real e negativa para um objecto virtual.

A distância imagem s_i é positiva para uma imagem real e negativa para uma imagem virtual.

A distância focal f, é positiva nas lentes convergentes e negativa nas lentes divergentes.

As distâncias transversais do objecto e da imagem y_o e y_i, são positivas acima do eixo óptico e negativas abaixo desse eixo.

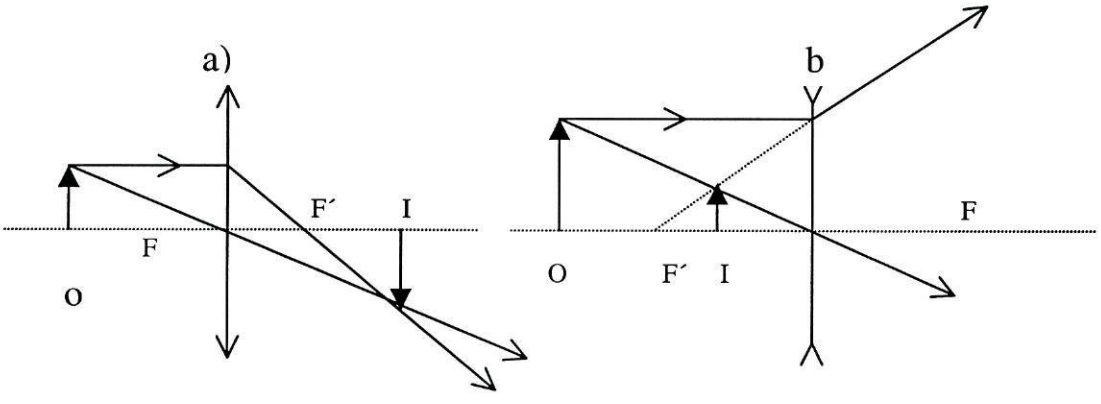


Figura 4.10 - Diagrama de raios a) lente convergente b) lente divergente

Como os objectos são tridimensionais, também as imagens são tridimensionais: Uma lente pode alterar as dimensões das imagens transversalmente e longitudinalmente.

Amplificação transversal $M_T = -\frac{s_i}{s_o}$

Amplificação longitudinal $M_L = -M_T^2$

As lentes provocam apenas uma inversão dos eixos transversais.

Tal como nos espelhos, também podemos localizar a imagem de um objecto, utilizando um diagrama de raios como se ilustra na figura 4.10.

Na tabela 4.1, indicam-se as características das imagens dos objectos reais dadas por lentes delgadas:

	Objecto	**Imagem**			
Tipo de Lente	**Localização**		**Localização**	**Orientação**	**Tamanho relativo**
Convexa	$\infty > s_o < 2f$	Real	$f < s_i < 2f$	Invertida	Reduzida
	$s_o = 2f$	Real	$s_i = 2f$	Invertida	Igual
	$f < s_o < 2f$	Real	$\infty > s_i > 2f$	Invertida	Aumentada
	$s_o = f$	Virtual	$\pm\infty$		
	$s_o < f$	Virtual	$\lvert s_i \rvert > s_o$	Direita	Aumentada
Côncava	Qualquer	Virtual	$\lvert s_i \rvert < \lvert f \rvert$ $s_o > \lvert s_i \rvert$	Direita	Reduzida

Tabela 4.1 - Características das imagens de objectos reais dadas por lentes delgadas.

4.4.6 Fibras ópticas

O aparecimento das fibras ópticas tem permitido o desenvolvimento acelerado das novas tecnologias. São utilizadas na transmissão directa de imagens ou de luz, em sensores capazes de medir a pressão, a temperatura, o potencial eléctrico, etc. e em guias de ondas nas telecomunicações que, graças a elas, sofreu uma verdadeira revolução, pois permitem transmitir rápida e eficientemente uma enorme quantidade de informação, que é convertida em pulsos de luz, para serem transmitidos pela fibra óptica, no final da qual um fotodetector converte novamente em informação.

O princípio básico da fibra óptica é a reflexão interna total, devido ao índice de refracção da sua região axial ser superior ao do material envolvente.

Nas comunicações utilizam-se três tipos de fibras ópticas:

a) multimodo em degrau, que possuem um núcleo relativamente largo e homogéneo com uma descontinuidade entre os índices de refracção do núcleo e da bainha. Neste tipo de fibra podem coexistir um número muito elevado de percursos ópticos em função do ângulo de entrada. Como cada percurso óptico tem um tempo de propagação próprio, origina uma

dispersão modal que aumenta com a distância. Esta diferença entre os tempos de propagação provoca o alargamento do pulso que aumenta com a distância entre o emissor e o receptor.

b) multimodo de índice gradual, nestas fibras, contrariamente às anteriores, o seu índice de refracção diminui gradualmente e radialmente em direcção à bainha. Neste caso, os raios mais inclinados, que têm um percurso maior, têm que andar mais depressa que os raios menos inclinados por forma a permanecerem juntos, por conseguinte, a dispersão do sinal é menor.

c) fibras ópticas monomodo, têm núcleos com diâmetros inferiores a 10 μm e, contrariamente às fibras multimodo, apenas permitem a propagação de um único modo ao longo do eixo da fibra. Resolveram o problema da dispersão intermodal, sendo hoje as fibras mais eficazes para a transmissão de maior quantidade de dados a longas distâncias.

4.4.7 Máquina fotográfica

A máquina fotográfica (figura 4.11) é um instrumento que funciona de forma semelhante ao olho humano. É constituída por uma lente convergente ou grupos de lentes de abertura variável que forma uma imagem real e invertida na película sensível à luz, um diafragma que pode ser aberto num curto intervalo de tempo e uma câmara escura onde está colocada a película.

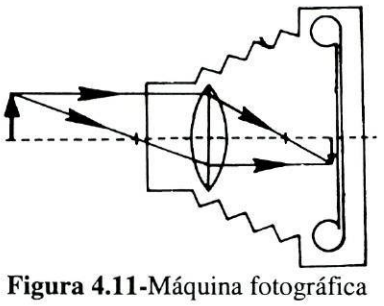


Figura 4.11-Máquina fotográfica

Contrariamente ao olho, a distância focal da lente é fixa, sendo necessário regular a distância entre a objectiva e a película em conformidade com a distância do objecto a fotografar.

4.4.8 Projector

Tal como a máquina fotográfica o projector de diapositivos (figura 4.12) tem um sistema de lentes que actuam como uma lente convergente para formar uma

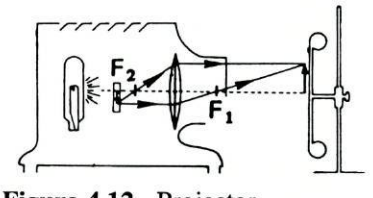


Figura 4.12 - Projector

imagem real e invertida, projectada numa tela, de um objecto "slide", colocado próximo do foco e iluminado por trás. O projector possui também um dispositivo que permite aproximar ou afastar a lente do slide, de modo a que a imagem na tela seja perfeitamente nítida.

4.4.9 Lupa

É o instrumento óptico mais simples, sendo utilizada para observar objectos pequenos que não necessitem de grandes ampliações. É constituída por uma lente convergente de alguns centímetros de distância focal.

Deve ser colocada próximo dos olhos do observador e o objecto colocado entre a lupa e o primeiro plano focal.

A ampliação transversal da lupa é dada pela expressão $m_t = \frac{y_i}{y_o}$, em que y_i e y_o, são as dimensões da imagem e do objecto respectivamente, ou em termos de ampliação angular, pela razão entre a dimensão da imagem na retina, quando o objecto é visualizado através da lupa e a dimensão da mesma imagem, quando vista directamente pelo olho à distância normal de observação, $m_\theta = \frac{\theta_i}{\theta_o}$.

4.4.10 Microscópio

São aparelhos complexos que permitem ampliações muito superiores à lupa; por simplificação, podemos considerar que são constituídos por duas lentes convergentes; a objectiva que está colocada mais próxima do objecto e que forma uma imagem real invertida e maior que o objecto. A ocular é a lente através da qual se observa a imagem ampliada pela objectiva, amplia novamente a imagem de tal forma que a ampliação total é igual ao produto da ampliação transversal da objectiva pela ampliação angular da ocular.

4.4.11 Telescópio

Os telescópios, cuja invenção se atribui ao holandês Hans Lipershey, em 1608, são instrumentos utilizados para observar objectos muito distantes; contrariamente ao microscópio, a objectiva



Figura 4.13 - Telescópio

não serve para ampliar objectos, mas formar imagens próximas que serão ampliadas pela ocular.

Existem três tipos de telescópios: com objectiva de lentes, com objectiva de espelhos e mistos.

Os telescópios com objectiva de lentes (figura 4.13), são constituídos por uma objectiva e uma ocular, sendo ajustados para que a imagem obtida através da objectiva se forme no plano focal da ocular, por forma a que a imagem final (obtida através da ocular) se forme também no infinito. As imagens dos objectos, obtidas através dos telescópios, são invertidas, isto não é problema para a observação de objectos astronómicos, porém não é prático para a observação de objectos na Terra. Para evitar esse inconveniente, os telescópios terrestres, possuem um meio óptico adicional, por forma a que a imagem final seja uma imagem direita.

Nos telescópios com objectiva de espelhos "reflectivos", a objectiva é constituída por dois espelhos, um espelho primário e um secundário. O espelho primário pode ser formado por um único espelho ou segmentado em múltiplos espelhos. Em virtude de o ângulo de reflexão não depender do comprimento de onda, não possuem aberrações cromáticas, no entanto possuem aberrações acromáticas.

Estes telescópios são hoje os mais utilizados de entre os quais se destacam o do monte Palomar, com um espelho primário de grandes dimensões e o telescópio Hubble, em órbita terrestre desde 1990, este ainda com uma vantagem muito grande de não terem problemas das aberrações introduzidas pela atmosfera.

4.4.12 Olho humano

O olho humano é constituído por uma massa gelatinosa de forma quase esférica, com cerca de 24 mm de profundidade e 22 mm de largura, contida por um invólucro resistente e flexível designado de esclerótica. Esta é branca e opaca, com a excepção da zona frontal onde está situada a córnea, que é transparente. A córnea é uma superfície curva um pouco saliente e ligeiramente achatada (de modo a reduzir a aberração esférica). É o primeiro dioptro convexo do sistema de lentes e é, onde a luz sofre a maior deflexão. Imersa no líquido designado por humor aquoso encontra-se a íris, cuja cor varia de pessoa para pessoa, que tal como um diafragma, controla a quantidade de luz que penetra no olho, através da pupila, devido aos músculos ciliares que controlam a sua abertura. Por trás da íris, está o cristalino que funciona como uma lente de potência variável, pode variar facilmente a sua forma, de modo a permitir uma focagem rápida e de precisão. A câmara posterior ao cristalino está cheia de uma

substância gelatinosa e transparente, designada por humor vítreo.

O feixe de luz é focado na retina, que é formada por uma rede de fibras nervosas a que estão ligados dois tipos de células, os cones e os bastonetes, que recebem a luz e produzem impulsos eléctricos que são enviados ao cérebro através do nervo óptico.

Os bastonetes, cujo número é cerca de 20 vezes superior aos cones, são muito sensíveis à luz, porém não distinguem as cores, sendo importantes na visão nocturna, enquanto que os cones, funcionando com níveis de intensidade mais elevados, processam imagens mais detalhadas e coloridas.

O olho humano acomoda por acção do músculo ciliar, que provoca um aumento ligeiro da curvatura do cristalino.

Quando um objecto está distante, o olho não necessita de acomodar, o músculo ciliar está relaxado e a distância focal é cerca de 2,5 cm, igual à distância entre a córnea e a retina. Porém, quando o objecto está próximo do olho, aquele músculo aumenta a curvatura do cristalino de modo a focar de novo a imagem na retina.

Aproximadamente no centro da retina, no interior de uma pequena depressão, encontra-se a fóvea, desprovida de bastonetes, mas com cones muito estreitos e mais densamente distribuídos. É nesta zona, com cerca de 0,3 mm de diâmetro, que a informação é mais nítida, por esta razão, o globo ocular se move continuamente de modo a que a luz incida nessa região. A informação obtida na retina, é transportada para o cérebro através das fibras nervosas ligadas aos cones e aos bastonetes, que se ligam num ponto "ponto cego", formando o nervo óptico que conduz a informação ao cérebro onde é processada.

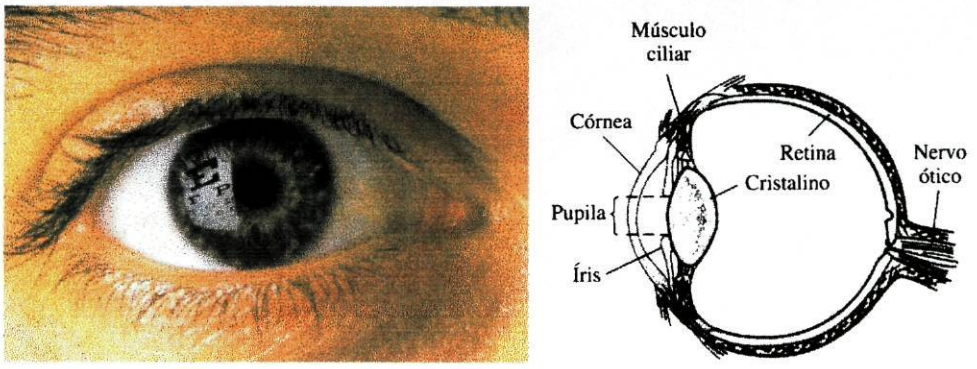


Figura 4.14 - Olho humano

Como sabemos, conseguimos focar rapidamente imagens a diferentes distâncias, por conseguinte, o sistema, que constitui o olho, tem que fazer a acomodação de forma rápida e eficiente. Designa-se por ponto remoto, a maior distância que é possível ver com nitidez e ponto próximo a menor distância, para a qual a acomodação do cristalino ainda permite ver bem.

O ponto próximo varia com a idade, sendo cerca de 7 cm nas crianças de 10 anos, podendo atingir os 200 cm nas pessoas com mais de 60 anos, porém considera-se como valor padrão a distância de 25 cm

4.4.13 Defeitos de visão mais comuns

Quando a imagem de um objecto se forma sobre a retina, o olho acomoda e a visão é considerada normal, porém, quando o foco imagem não se encontra na retina, o olho é amétrope.

As ametropias são devidas a alterações anómalas a nível do mecanismo de refracção, ou mais frequentemente a alterações da distância entre o cristalino e a retina (Hecht, E. 1997).

4.4.13.1 Hipermetropia

Ocorre quando a vergência do olho é insuficiente e a imagem é focada atrás da retina.

Uma pessoa com hipermetropia pode ver com facilidade objectos distantes, no entanto, tem dificuldade em ver com clareza objectos próximos. Corrige-se com lentes convergentes.

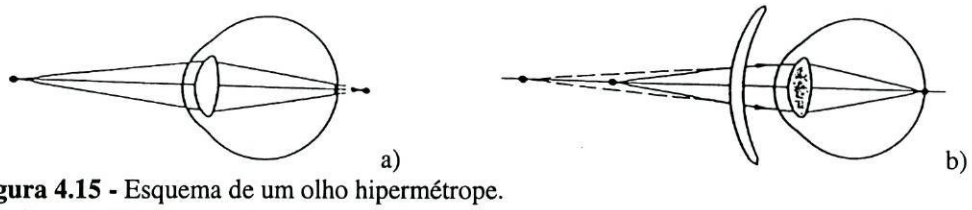


Figura 4.15 - Esquema de um olho hipermétrope.
a) Condição de Hipermetropia, a imagem de um objecto próximo (25 cm) forma-se para além da retina.
b) Correcção da hipermetropia com lentes convergentes.

4.4.13.2 Presbitia

Também conhecida como vista cansada, pode aparecer depois dos 40 anos. As pessoas começam a perceber que sofrem de presbitia ao verificarem que, para lerem um livro, têm que o afastar cada vez mais.

Esta doença deve-se à perda de elasticidade do cristalino e dos músculos ciliares, corrige-se com lentes convergentes apropriadas.

4.4.13.3 Miopia

Deve-se ao excesso de curvatura da córnea. Os raios paralelos de um objecto distante convergem num ponto em frente à retina. Corrige-se com lentes divergentes.

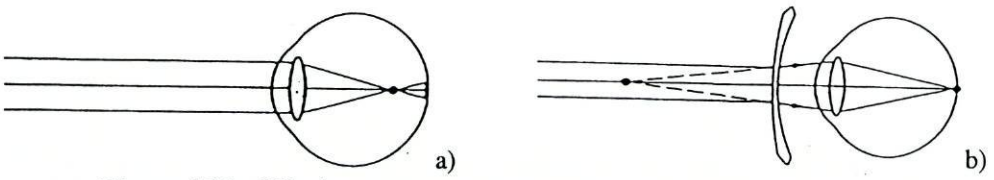


Figura 4.16 – Miopia.
a) Condição de miopia, a imagem de um objecto afastado, forma-se antes da retina.
b) Correcção da miopia com lentes divergentes.

4.4.13.4 Astigmatismo

Deve-se à curvatura da córnea não ser a mesma em todas as direcções, corrige-se com lentes esfero - cilíndricas ou tóricas.

4.4.13.5 Daltonismo

Incapacidade de distinguir as cores, no entanto, geralmente a cegueira em relação às cores não é total, sendo mais comum a cegueira em relação a uma cor ou a um grupo de cores.

4.5 Exploração da luz e visão a nível do 8º ano do ensino básico

A maior parte dos alunos do 8º ano ainda não atingiu o estágio das operações formais. Como alguns conceitos dificilmente são interiorizados no estágio das operações concretas, a actividade experimental pode ser uma estratégia fundamental para ajudar a interiorizar conceitos.

Na unidade de luz e visão são desenvolvidos no bloco científico os seguintes conceitos:

Utilização das fibras ópticas na sociedade actual;

Laser e suas aplicações;

A cor em Física e na pintura.

Em cada actividade, devem os alunos expressar livremente as suas ideias que serão analisadas e discutidas por todos os intervenientes no processo de ensino aprendizagem, sendo então confrontadas com os resultados experimentais, resultando do processo um conflito cognitivo por forma a que os alunos sintam necessidade de aproximar ou alterar as suas ideias anteriores pelas teorias científicas.

No bloco ciência tecnologia e sociedade, cabe aos alunos investigar e criticar a utilização dos instrumentos ópticos e qual a sua importância no desenvolvimento dos conhecimentos científicos .

4.6 Desenvolvimento das actividades:

4.6.1 Fontes de luz e propagação rectilínea da luz

No final desta actividade os alunos devem classificar as fontes de luz como naturais e artificiais e como pontuais e extensas.

Planificar experiências para verificar a propagação rectilínea da luz " Luz através de um tubo flexível ou através de três cartões perfurados" .

Os alunos devem reconhecer que as sombras são uma consequência da propagação rectilínea da luz e discutir a formação de sombra e da penumbra, quando os objectos são iluminados por uma fonte extensa e em face disso interpretar os eclipses totais e parciais.

Comentários à actividade

No início da actividade e antes de se distribuir os protocolos, os alunos conseguiram planificar eles próprios algumas estratégias para verificarem que a luz se propaga em linha recta.

De entre as estratégias propostas, é de destacar a dos cartões e a de um feixe de luz que entra por uma friesta.

4.6.2 Triângulo de visão

Após esta actividade os alunos devem compreender o mecanismo de visão. Isto é feito ao verificarem que não conseguem ver os objectos, enquanto sobre eles não incidir qualquer luz, que por sua vez a reflectem e apenas os vimos, se a luz por eles enviada penetrar nos nossos olhos.

Um conceito alternativo muito interiorizado é que só há luz até onde a podemos ver. Com esta actividade devem os alunos verificar algumas situações:

Um foco de luz que entre num compartimento não ocupa todo o espaço.

A luz propaga-se até encontrar um obstáculo, onde será reflectida ou absorvida.

Apenas conseguimos ver a luz se ela entrar nos nossos olhos. Assim um raio de luz apenas é visto se se difundir em pequenas partículas "pó de giz, fumo, nevoeiro etc.".

Comentários à actividade

Para esta actividade, apenas se utilizaram quatro caixas, o que é insuficiente para o número de alunos das turmas, ocorrendo alguma confusão.

Apesar disso, foi possível na discussão final a alteração das ideias dos alunos sobre o conceito de visão.

4.6.3 Difracção e interferência

Aquando do estudo do som e audição, procurou-se que os alunos reconhecessem que podiam identificar uma onda, quando surgissem fenómenos de difracção e interferência. No decorrer desta actividade, não deve o professor mencionar que a luz tem carácter ondulatório, mas questioná-los no final sobre o carácter da luz.

A maior parte dos alunos do 8º ano ainda não atingiu o estágio de desenvolvimento formal, sendo difícil para eles compreender que, para além do carácter ondulatório, também tem carácter corpuscular, devendo esta actividade ser completada com acetatos em que se ilustre o carácter dual da luz.

Como todas as ondas estudadas anteriormente necessitavam de um meio de suporte para se propagarem, questionaram-se os alunos se as ondas electromagnéticas também necessitam de um meio de suporte, discutindo algumas situações " A experiência do relógio no vácuo, a luz do sol e das estrelas". Devem os alunos concluir que, contrariamente às ondas sonoras, a luz se propaga no vácuo.

Comentários à actividade

Esta actividade veio provar que os alunos interiorizaram que a difracção e a interferência são características dos fenómenos ondulatórios, pois, logo que verificaram a difracção através de uma fenda e um cabelo "não incluído no protocolo", espontaneamente afirmaram que a luz é uma onda. Quando questionados se estas ondas tinham as mesmas características das ondas sonoras, afirmaram que esta se propaga no vácuo, pois relacionaram a experiência de propagação do som na campânula de vácuo, onde se introduziu juntamente com uma fonte sonora, uma fonte de luz.

4.6.4 Polarização da luz

Antes de iniciar a actividade experimental, deve o professor utilizando esquemas, propor aos alunos para explicar o que aconteceria a uma onda transversal, se vibrasse perpendicularmente às ranhuras de um obstáculo e, se este obstáculo poderia impedir a propagação de uma onda longitudinal. Para complementar os resultados da actividade experimental, foi a situação analisada através de um acetato.

Comentários à actividade

Foi um pouco complicado para a maior parte dos alunos ligarem a polarização a ondas transversais.

4.6.5 Dispersão da luz

O mundo é policromático, porque a luz branca é resultado de uma mistura de radiações de diversas cores.

Pretende-se que os alunos interpretem diversas situações coloridas "bolas de sabão, manchas de óleo, arco-íris, etc."; no entanto, deve o professor explicar que o padrão de cores resulta de duas situações:

A separação das cores por dispersão devido às diferenças de velocidade das radiações nos meios diferentes do vácuo ou do ar.

A separação por interferência.

Comentários à actividade

Esta actividade permitiu aos alunos, em grupo, verificar a dispersão da luz branca e a não dispersão de luzes monocromáticas. Houve um grande empenho de todos os alunos.

No dia em que se realizou este trabalho experimental, estava nublado, por conseguinte, a separação das cores da luz branca na bolha de sabão, no verniz e no copo com água, feita com uma lanterna não foi tão espectacular como com a luz solar, tendo-se então sugerido aos alunos para repetirem a experiência, em casa, num dia de sol. Alguns alunos repetiram-na e, numa das aulas seguintes, expuseram aos colegas o que tinham observado.

4.6.6 Cor dos objectos

A sensação de cor dos objectos depende não só de factores físicos, mas também de factores fisiológicos.

Os factores físicos são característicos da absorção ou transmissão selectiva da luz, pelos objectos iluminados, os fisiológicos, da resposta do sistema olho – cérebro à distribuição espectral incidente na retina e os psicológicos, da natureza cognitiva resultante da experiência.

A cor objectiva é caracterizada pelo espectro cromático da luz, que estimula o órgão de visão. Assim, podemos interpretar que um objecto é amarelo, quando este reflecte a luz monocromática pura ou quando envia uma mistura de radiações que o nosso cérebro interpreta como amarelo.

Na actividade com a caixa de raios (figura 4.17), misturam-se radiações monocromáticas primárias "vermelho, verde e azul", não só para identificar a cor resultante das diversas composições, mas também a cor dos objectos quando iluminados com diferentes radiações.

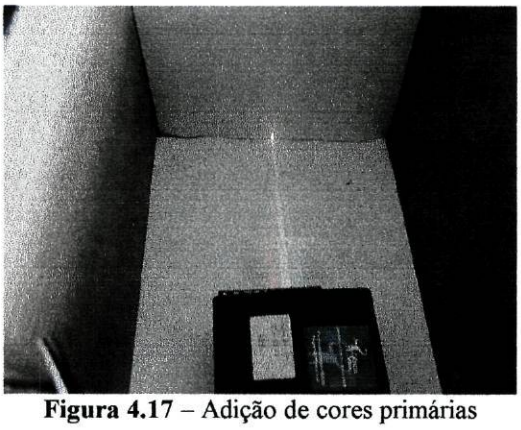


Figura 4.17 – Adição de cores primárias

Como as cores primárias, que os alunos identificam em Educação Visual, são diferentes, devem utilizar-se filtros e discutir a mistura aditiva e a subtractiva.

No final da actividade, devem os alunos reconhecer que a cor dos objectos se deve à reflexão, transmissão e absorção selectiva das cores.

Comentários à actividade

A classificação dos objectos como opacos, translúcidos ou transparentes é perfeitamente conhecida pelos alunos. Assim, antes mesmo de realizar a experiência, já estes os classificavam e explicavam o porquê dessa classificação.

Em relação às cores dos objectos, é muito difícil arranjar celofane ou acrílicos que sejam filtros perfeitos. Para além disso, há sempre luz branca na sala que pode ter como consequência, a experiência, em vez de alterar as ideias alternativas, ainda contribuir para as reforçar. Procurou-se ultrapassar a questão com uma caixa com dois orifícios, um deles para observação e outro para a entrada de luz, onde se colocavam os filtros, introduzindo-se no seu interior objectos coloridos; esta actividade foi completada com a colocação dos diferentes filtros sobre o retroprojector (figura 4.18).

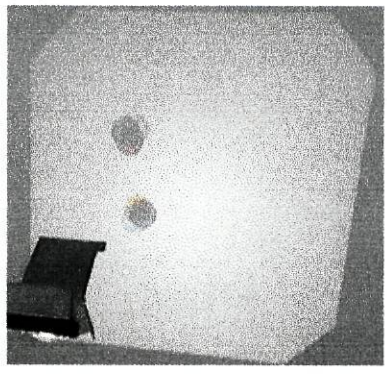


Figura 4.18 – Subtracção de cores.

Para combinar as cores primárias de modo a obter as cores complementares, é indispensável que a sala esteja muito pouco iluminada, pois, caso contrário, quando se faz incidir no mesmo ponto o raio verde e o raio vermelho, não se distingue a luz amarela da luz branca. Ultrapassou-se este problema fazendo o trabalho no interior de uma caixa; porém, para evitar a confusão, não devem estar mais do que quatro alunos por grupo. Como apenas estavam disponíveis duas fontes de luz, o processo foi um pouco moroso, porém os objectivos propostos foram conseguidos.

4.6.7 Leis da reflexão

Antes de se iniciar a actividade, deve o professor pedir aos alunos para formularem hipóteses sobre as características das imagens dadas pelos espelhos planos e como é que estas se formam.

Deve ser interiorizado que o nosso olho não interpreta o percurso dos raios luminosos e que vemos a imagem sempre na direcção em que os raios luminosos chegam ao olho.

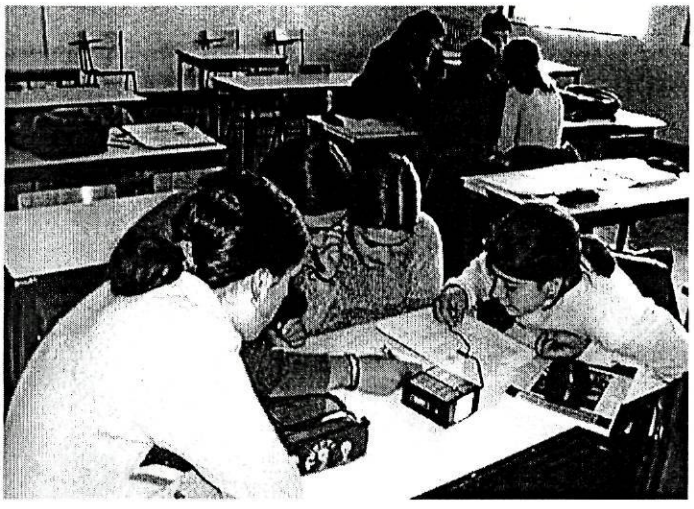


Figura 4.19 – Os alunos estudam em grupo as leis da reflexão.

Na segunda parte do trabalho, devem os alunos traçar os percursos dos raios e medir os ângulos de incidência e reflexão e deduzir as leis da reflexão.

É muito importante que os alunos distingam entre a reflexão especular e a não especular ou difusa e reconhecer que vemos os objectos porque a reflexão na sua superfície é difusa. Deve-se ainda lembrar aos alunos a independência dos raios luminosos e estes compreender que caso os raios luminosos não fossem independentes não conseguíamos ver os objectos.

Comentários à actividade

Actividade fácil de executar e de fácil compreensão.

No decorrer da actividade explorou-se o triângulo de visão, pedindo-se aos alunos para se colocarem de modo a ver a fonte de luz através do espelho, tendo estes concluído que apenas a observavam se colocassem de modo a que o raio reflectido entrasse no olho, sendo também discutida a diferença entre a reflexão especular e a difusa.

4.6.8 Espelhos curvos

Com esta actividade, devem os alunos concluir que as leis da reflexão também são válidas nas superfícies curvas e verificar experimentalmente que os espelhos côncavos são convergentes e os convexos divergentes e encontrar os respectivos focos.

Na 3ª proposta de trabalho, devem os alunos verificar e classificar as imagens dadas pelos espelhos curvos e, ao mesmo tempo, reconhecer que uma imagem real se pode projectar no alvo, enquanto que uma imagem virtual não pode ser projectada.



Figura 4.20 – Estudo das características das imagens obtidas através de espelhos curvos.

A actividade experimental deve ser complementada no quadro traçando um diagrama de raios que permitam localizar e classificar as imagens. É importante que os alunos compreendam que as imagens de objectos reais, obtidas através dos espelhos convexos, são sempre virtuais direitas e menores que os objectos.

Comentários à actividade

Antes de se iniciar a actividade, foram mostrados aos alunos vários espelhos, pedindo-se-lhes para compararem as imagens obtidas através de cada um deles.

A experiência é de fácil execução na sala de aula, sendo suficiente apagar as luzes da sala.

Como apenas havia dois bancos de óptica e os grupos eram muito numerosos, procurou-se, tanto quanto possível, distribuir as tarefas por todos os elementos do grupo; no entanto, no final da actividade, todos eles participaram activamente na discussão dos resultados obtidos.

4.6.9 Refracção

No início da actividade, devem os alunos formular e discutir hipóteses sobre objectos no interior da água. A discussão das hipóteses será acompanhada pela observação, através da placa de acrílico de modo que consigam melhor compreender o processo.

Com a caixa de raios e a placa de acrílico, verificarão qualitativamente as leis de refracção, reconhecendo que é a alteração da direcção dos raios luminosos a causa de as imagens não se formarem na mesma posição em que se encontram os objectos.

Apesar de não ser objectivo no 8º ano o estudo da reflexão total, é importante que estes conheçam qualitativamente o mecanismo, pois, caso contrário, não compreenderiam o

funcionamento das fibras ópticas. Assim, na 3ª proposta de trabalho, devem os alunos compreender que, quando a luz incide numa superfície de separação de dois meios homogéneos diferentes, em que a velocidade de propagação no primeiro meio é inferior à velocidade de propagação no segundo meio, a partir de um determinado ângulo, (ângulo crítico) deixa de haver refracção.

Comentários à actividade

Esta actividade foi realizada numa aula desdobrada e, como estavam disponíveis quatro fontes, os grupos apenas tinham quatro alunos. Todos eles não só participaram nas actividades propostas, como propuseram outras, de entre as quais é de destacar o traçar o percurso dos raios luminosos, quando a fonte estava de um lado da placa de acrílico e de seguida colocar a fonte do outro lado, concluindo que o raio de luz fazia exactamente o mesmo percurso em sentido inverso.

Na experiência do semicírculo, devido à luminosidade da sala, o raio reflectido apenas era observado quando a reflexão era total, concluindo os alunos erradamente que ou havia refracção ou reflexão. Para ultrapassar esta ideia, foi necessário utilizar uma caixa de cartão e repetir a experiência no seu interior, sendo então possível observar simultaneamente os raios reflectido e refractado até à ocorrência da reflexão total.



Figura 4.21 – Estudo da refracção. Os alunos observam a profundidade aparente da moeda no interior do copo com água.

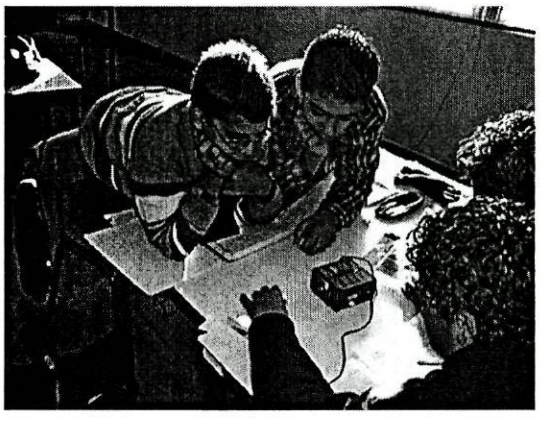


Figura 4.22 – Estudo das leis da refracção com a caixa de raios.

Na refracção de um feixe do laser ao atravessar a superfície de separação entre o ar e acrílico (figura 4.23), utilizou-se um feixe laser rasante sobre um papel branco.

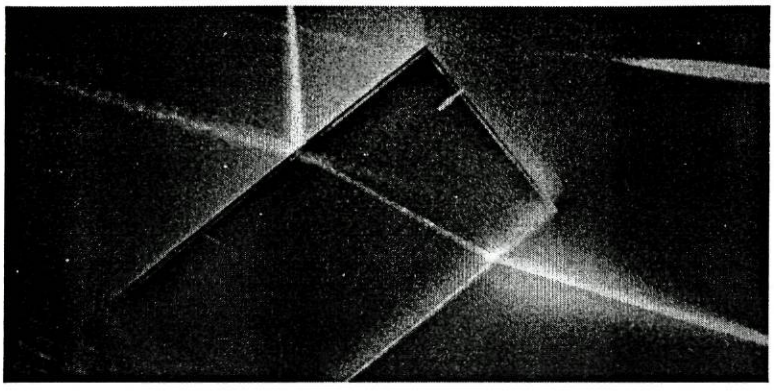


Figura 4.23 – Refracção de um feixe de laser na superfície de separação ar – acrílico.

4.6.10 Lentes

Os alunos devem reconhecer que, tal como nos espelhos curvos, também existem lentes convergentes e divergentes; porém, devem também reconhecer, que, enquanto nos espelhos as imagens se formavam por reflexão, nas lentes formam-se por refracção.

Devem traçar o percurso de raios paralelos ao eixo principal e determinar o foco e associar a distância focal com a potência ou vergência das lentes.

Na final, com a ajuda do professor, no quadro, devem construir diagramas que lhes permitam localizar e classificar as imagens obtidas pelas lentes delgadas.

4.6.11 Caracterizar as imagens dadas pelas lentes

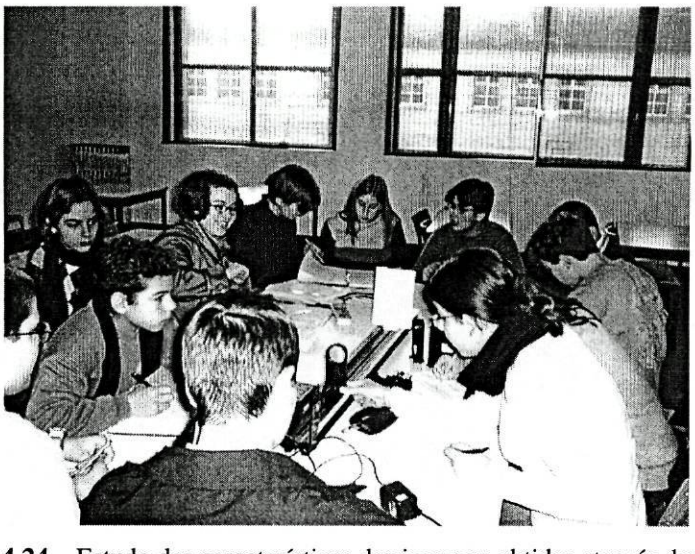


Figura 4.24 – Estudo das características das imagens obtidas através das lentes.

Depois da actividade anterior, devem os alunos confirmar experimentalmente os diagramas construídos e reconhecer que, enquanto as lentes convergentes podem formar

imagens reais ou virtuais em conformidade com a posição do objecto, as lentes divergentes, tal como os espelhos convexos, apenas dão imagens virtuais direitas e menores que os objectos.

Comentários à actividade

Actividade muito motivadora pois despertou a participação e o interesse dos alunos na sua execução. No final da actividade, os próprios alunos referiram os vários instrumentos ópticos e a sua utilização, discutindo-se os conceitos teóricos sobre as imagens dos objectos e como se formam.

4.6.12 Miragens

A actividade deve ser iniciada com uma discussão sobre o fenómeno e qual o mecanismo resultante dessas miragens.

Fazendo passar um feixe de luz "laser" (figura 4.25) através de água com açúcar, pretende-se que os alunos consigam explicar as miragens, com base no encurvamento dos raios através do meio não homogéneo. Esta actividade deve ser complementada com acetatos explicativos, pois, caso contrário, será difícil os alunos compreenderem porque é que o encurvamento origina as miragens.

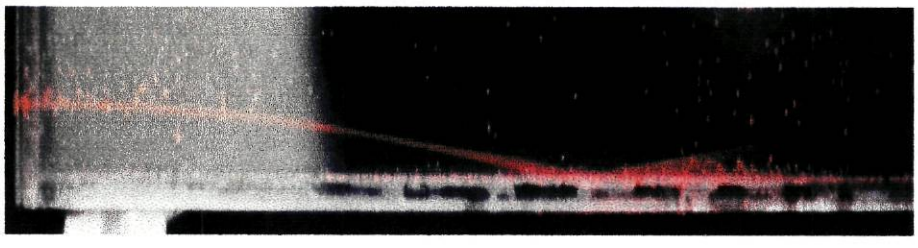


Figura 4.25 – Curvatura de um feixe luminoso num meio não homogéneo.

Comentários à actividade

O resultado da fotografia (figura 4.25) ilustra suficientemente a curvatura do feixe. Para realizar esta actividade, foi necessário adicionar sem agitação e ao longo de toda a tina 10 pacotes de açúcar, deixando-se esta repousar durante aproximadamente 24 horas. No caso da experiência não ser realizada após 48 horas da adição do açúcar, é necessário adicionar mais açúcar nas 24 horas anteriores ou preparar de novo a solução. Esta experiência, tal como a da refracção na água, foi realizada num canto da sala que se obscureceu com uma cortina preta.

A primeira reacção dos alunos foi afirmar que afinal a luz não se propaga em linha recta. Esta afirmação foi aproveitada pelo professor para propor um diálogo sobre meios homogéneos e não homogéneos e, a partir daí, lançar o debate sobre a formação das miragens.

No decorrer do diálogo, constatou-se que praticamente todos alunos tinham ouvido falar de miragens nos desertos, porém associavam-nas a alucinações, quando se lhes fez ver que todos eles tinham observado miragens, não acreditavam. Todos os admitiram que no Verão a estrada parecia molhada a uma determinada distância; no entanto, quando se aproximavam, concluíram que estava completamente seca.

4.6.13 Detectores de luz

A actividade deve iniciar-se sobre a utilização de detectores de luz nas mais diversas actividades "leituras ópticas nas caixas dos supermercados, sensores, alarmes etc..

No final da actividade, os alunos devem concluir que, para a mesma fonte, a intensidade luminosa diminui com a distância.

Utilizando lâmpadas de diferentes potências devem verificar que a intensidade da luz num determinado ponto depende da fonte.

4.6.14 Olho humano

Sendo o olho um órgão muito importante do mecanismo de visão, é indispensável conhecer os seus principais componentes e o princípio de funcionamento. Antes de realizar a actividade experimental, deve o professor com a ajuda de acetatos e de uma máquina fotográfica identificar a sua constituição e ajudar os alunos a interpretar a formação das imagens na retina.

Deve ser discutido que o olho vê objectos que estão perto ou longe em conformidade com o desejo das pessoas e que esta possibilidade se deve à capacidade de o olho se acomodar de forma que as imagens se formem sempre sobre a retina. Deve ser também discutido o ponto próximo e o ponto remoto , podendo cada um dos alunos identificar os seus.

Depois de analisado o olho normal, devem ser debatidos os defeitos de visão: miopia "dificuldade de ver ao longe" e hipermetropia "ponto próximo muito afastado" e através de um novo acetato comparar a localização das imagens em cada uma das situações e propor aos alunos que identifiquem o tipo de lentes necessárias para a correcção.

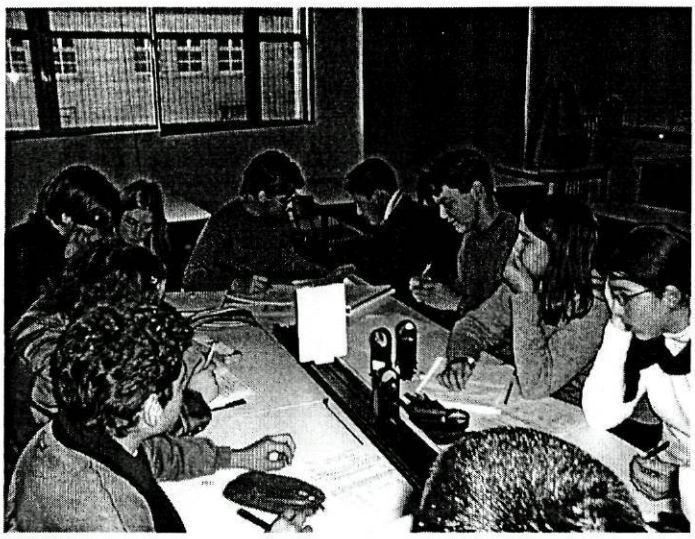


Figura 4.26 – Simulação do olho humano.

O trabalho experimental permite construir um modelo do olho humano e, substituindo as lentes, localizam-se as imagens em cada situação "olho normal, olho míope e olho hipermétrope".

Comentários à actividade

Não se conseguiu um modelo do olho humano e não se conseguiram resultados eficazes, simulando um olho com um aquário, por conseguinte utilizou-se o banco de óptica, em que o alvo funcionava como retina, uma lente convergente como cristalino e outra lente como correctora da anomalia.

Devido ao número limitado de lentes, para se corrigir os defeitos de visão, em vez de se manter o suporte da lente que servia de óculo fixa e substituir as lentes, utilizaram-se apenas as lentes disponíveis (-150 mm, 200 mm e 250 mm), deslocando-a em relação à lente que simulava o cristalino, até focar novamente a imagem no alvo.

No final da actividade, constatou-se que os alunos conseguiram transpor o modelo para o olho, sendo capazes de reconhecer a diferença entre este modelo e o modo como procede o oftalmologista.

4.6.15 Persistência de visão

A actividade deve ser iniciada com uma discussão sobre as imagens de filmes, desenhos animados ou a televisão.

Os alunos devem reconhecer que não vemos imagem a imagem, mas sim como uma cena em movimento, pelo facto de cada uma das imagens formadas na retina ainda persistir quando a seguinte se forma.

4.6.16 Fibras óptica

Dada a importância das fibras ópticas na sociedade actual, é importante conhecer o mecanismo de transporte de informação através dessas fibras.

No início da actividade deve o professor esclarecer que a luz também pode transportar informação. Como esta informação tem que ser transportada para distâncias muito grandes deve propor aos alunos para formularem hipóteses sobre como esse sinal de luz é transportado do emissor ao receptor sem perdas de energia.

Depois de analisadas e discutidas as hipóteses formuladas, devem reconhecer experimentalmente que a luz é transportada através dessas fibras por reflexões totais sucessivas.

4.6.17 Máquina fotográfica

Tarefa para realizar em casa podendo os alunos substituir a lente por orifício muito pequeno.

4.7 Actividades inseridas no bloco ciência, tecnologia e sociedade

Para além da aquisição científica, que permita aos alunos a compreensão dos fenómenos, é indispensável o desenvolvimento de competências necessárias ao seu desenvolvimento integral que permitam não só um saber fazer, mas também investigar e tomar decisões acertadas na resolução dos problemas do dia a dia.

Neste bloco cada um dos grupos investigará os seguintes temas que serão apresentados à turma:

Utilização das fibras ópticas na sociedade actual.

Laser e suas aplicações.

A cor em Física e na pintura.

Instrumentos ópticos.

CAPÍTULO V

PRODUÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E UTILIZAÇÃO DA ELECTRICIDADE

5.1 Introdução

Os fenómenos eléctricos e magnéticos são conhecidos desde a antiguidade. Já no século VI A. C., Tales de Milete descreveu que uma vara de âmbar depois de friccionada atraía corpos leves e a pedra de íman atraía o ferro.

Alguns anos após a introdução da bússola na Europa, Pierret de Maricourt, em 1269, publicou um estudo experimental em que descrevia experiências com ímans e os seus efeitos, que ainda hoje são realizadas nas escolas para descrever as suas propriedades.

Em 1672, Otto Guéricke verifica, tal como Tales de Milete, que corpos leves são atraídos por esferas electrizadas; porém, quando lhes tocam, são repelidos.

Em 1733, o francês Du Fay verifica experimentalmente que aproximando uma vara de vidro electrizada de uma fina folha de ouro, esta é inicialmente atraída e depois repelida, enquanto que aproximando depois da mesma folha um pedaço de resina electrizada, esta é atraída e não repelida, concluindo então que existiam dois tipos de electrização a que chamou de electricidade resinosa e electricidade vítrea, mais tarde identificados como polarizações negativa e positiva.

Em 1745, em Leyden na Holanda, Musschenbroek, quando tentava electrizar a água de uma garrafa por meio de um condutor mergulhado na água, descobriu acidentalmente o condensador, mais tarde designado por garrafa de Leyden (Tipler, 1995). Coulomb, utilizando uma balança semelhante à balança de Cavendish para medir a atracção universal, verificou que tal como a lei de atracção universal de Newton, também as forças electrostáticas são inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre as cargas $F_{elect} = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$

Em 1780, o médico Luigi Galvani, quando estudava os órgãos internos das rãs, verificou que uma rã depois de morta e dissecada, que tinha sido colocada próximo de uma máquina eléctrica, era animada de contracções sempre que tocava nos nervos da pata da rã com a ponta de dois estiletes, sendo as contracções mais violentas se os estiletes fossem de material diferente. A causa desta manifestação, segundo Galvani, seria a electricidade com origem no animal.

Esta experiência animou alguns investigadores; porém, Alessandro Volta considerou que a corrente eléctrica não tinha origem em qualquer organismo animal, mas sim devido ao contacto húmido entre dois metais e, em 1799, construiu a primeira pilha ao empilhar alternadamente lâminas de cobre e zinco separadas por rodelas de pano embebidas em ácido sulfúrico diluído.

No século XIX, o conhecimento sobre o electromagnetismo tem um desenvolvimento acelerado. Desde a antiguidade, a electricidade e o magnetismo eram ciências separadas, até que em 1820 Hans Cristian Oersted observou uma ligação entre a electricidade e o magnetismo, ao colocar uma agulha magnética paralelamente a um fio condutor. Quando este era atravessado por uma corrente, a agulha deflectia e, invertendo o sentido da corrente também se invertia o sentido da deflexão da agulha. Esses estudos foram continuados pelo físico francês Ampère que demonstrou que as correntes eléctricas paralelas também se atraíam ou repeliam entre si. Seebeeck descobriu o efeito termoeléctrico em 1821. Ohm estabeleceu a lei que rege a passagem da corrente eléctrica num circuito em 1827, Faraday as leis da electrólise em 1833 e Joule a lei da quantidade de calor libertado por uma corrente eléctrica em 1849 (Rosmorduc, 1983).

Enquanto Oersted e Ampère verificaram que uma corrente eléctrica gerava um campo magnético, na década iniciada em 1830, Michael Faraday e Joseph Henri, independentemente, descobriram que fazendo variar um campo magnético que atravessava uma ou mais espiras, dava origem a uma f. e. m. induzida e, por conseguinte, a uma corrente induzida através dessas espiras.

Porém só com a descoberta da lâmpada de incandescência por Thomas Edison, em 1860 e a escolha da corrente alternada para iluminar a exposição de Chicago em 1893, depois de uma acesa discussão entre Edison que defendia a corrente contínua e Nikola Tesla e George Westinghouse que defendiam a corrente alternada, foi possível a utilização da energia eléctrica em grande escala, dando-se início a um ciclo de desenvolvimento acelerado.

5.2 Investigação de algumas ideias dos alunos sobre a electricidade

A electricidade é um assunto em que os alunos têm muitas dificuldades a nível da compreensão dos conceitos, por existirem muitas concepções alternativas resistentes à mudança e por vezes reforçadas pelo ensino formal ao dar maior relevância à corrente eléctrica que à diferença de potencial.

No processo de ensino aprendizagem, é indispensável inventariar as concepções alternativas e provocar o conflito conceptual, para criar as condições necessárias à aceitação de novas explicações dos fenómenos.

Alguns investigadores já conseguiram detectar as concepções alternativas mais comuns no domínio da electricidade.

A pilha armazena electricidade e, quando esta está ligada a um circuito, a corrente eléctrica à saída de um receptor é menor do que à entrada, o que implica que a corrente armazenada se gasta, à medida que percorre o circuito. Esta ideia é reforçada por o brilho de uma lâmpada apenas se alterar se introduzirmos uma resistência antes da lâmpada e não depois, sendo necessário substituir a pilha quando esta já não tiver mais corrente (Moreno e Moreno, 1988).

O circuito eléctrico é visto não como um todo em que a introdução de um componente provoca alterações em todo o circuito, mas antes como um modelo sequencial cujas alterações apenas se manifestam depois do componente.

Moreno e Moreno, em 1988, identificaram quatro modelos:

A corrente é bidireccional, saindo dos dois pólos da pilha e consome-se nos receptores do circuito.

A corrente é unidireccional saindo de um dos pólos da pilha numa direcção e gasta-se à medida que atravessa os componentes do circuito brilhando menos as lâmpadas que estão mais afastadas.

A corrente também é unidireccional e também se gasta, porém os efeitos nos elementos do circuito não dependem da sua posição.

A corrente sai de um dos pólos da pilha, mas não existe corrente de regresso, sendo então apenas necessário um fio para o receptor funcionar.

O conceito de d. d. p. é muito menos familiar que a intensidade de corrente, considerando os alunos que a d. d. p. é uma consequência da corrente eléctrica e não a sua causa " se a lâmpada acende é porque existe corrente eléctrica, então também existe d. d. p." (Cachapuz, 1993).

Esta concepção prevalece mesmo depois do ensino e, pode resultar da forma como muitas vezes é expressa a lei de ohm $V = RI$, se $I = 0$ então $V = 0$, assumindo I o papel principal, consolidando-se a ideia errónea de que existe d. d. p., quando há intensidade de corrente e não em circuito aberto.

O trabalho experimental é um meio de confrontar estas e outras ideias dos alunos com os resultados das leituras, nos instrumentos de medida colocados em diferentes pontos do circuito.

É também indispensável a utilização de associações, por forma que os alunos interiorizem que a função da pilha ou de qualquer outro gerador, não é armazenar a corrente eléctrica, mas um dispositivo capaz de mover as cargas de um pólo para o outro quando o circuito está fechado.

5.3 Alguns fundamentos teóricos sobre electricidade

5.3.1 Electricidade

O vocábulo electricidade teve origem nas observações de Thales de Mileto (600 A. C.) ao verificar que o âmbar depois de friccionado adquiria a propriedade de atrair corpos leves. Como o nome grego do âmbar é elektron, resultou o nome de electricidade.

Actualmente não existe uma definição única para o termo electricidade, sendo definida em conformidade com o contexto:

Uma forma de energia capaz de mover ordenadamente as cargas eléctricas.

Uma forma de energia cujo consumo é indicador do nível de desenvolvimento e poder económico de cada país.

Uma energia caracterizada pela facilidade de se transformar em outras formas de energia .

A causa de fenómenos eléctricos.

O estudo dos fenómenos eléctricos.

5.3.2 Carga eléctrica

A matéria é constituída por átomos electricamente neutros. Cada átomo é constituído por um núcleo e por uma nuvem electrónica.

O núcleo contém N neutrões de carga nula e Z protões de carga e ($e = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C) e a nuvem electrónica com um número de electrões igual ao número de protões, cada um com a carga $-e$.

A massa de cada protão é aproximadamente 2 000 vezes superior à massa do electrão, mantendo-se o núcleo agregado por acção da interacção forte, muito mais intensa que a interacção electromagnética mas também de alcance muitíssimo inferior.

Os corpos são carregados electricamente, quando se transfere de ou para o corpo electrões. Este processo pode ser realizado por fricção, contacto ou indução, adquirindo carga positiva, quando o número de electrões é inferior ao número de protões e carga negativa, quando o número de electrões excede o número de protões.

A unidade S I de carga é o coulomb, que é definido como a quantidade de carga que atravessa uma secção recta de um condutor em cada segundo, quando este é percorrido pela corrente de um ampere.

5.3.3 Lei de Coulomb

Do mesmo modo que uma massa exerce sobre outra uma força atractiva, também dois corpos electricamente carregados exercem um sobre o outro forças eléctricas, podendo neste caso ser atractivas ou repulsivas conforme os corpos tenham carga do mesmo sinal ou de sinais contrários.

Coulomb, com uma balança semelhante à de Cavendish, substituiu as massas por corpos carregados e verificou que para cargas em repouso a força eléctrica é directamente proporcional ao produto do módulo das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da sua distância com $\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}$, a constante de proporcionalidade.

$$\left\|\vec{F}_{elect}\right\| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{|q_1\|q_2|}{r^2}$$

ε_o permitividade do vazio

r distância entre as cargas

q carga

5.3.4 Campo eléctrico

As forças eléctricas, são forças à distância, podem ser determinadas pela lei de coulomb, no caso de as cargas serem pontuais e se encontrarem em repouso. Porém, quando os corpos

carregados não são pontuais (distribuição contínua no espaço), a utilização da lei de coulomb é mais complicada.

Michael Faradey introduziu o conceito de campo eléctrico imaginando que o espaço em volta do corpo carregado estava preenchido por linhas de campo, podendo este ser determinado em cada ponto, a partir da força que actua numa carga de prova (unitária e positiva) colocada nesse ponto $\vec{E} = \frac{\vec{F}_{elet}}{q}$ (N/C).

O campo eléctrico é um campo vectorial. É gerado por cargas eléctricas que, por sua vez, também ficam submetidas a forças, quando colocadas num ponto em que exista um campo eléctrico.

5.3.5 Diferença de potencial

O campo eléctrico, tal como o campo gravítico, é um campo conservativo, seja ele criado por uma carga pontual, ou por uma distribuição de cargas contínua ou descontínua, resultando daqui, que o trabalho de força eléctrica para transportar uma carga entre dois pontos, não depende da trajectória, mas apenas dos potenciais de cada ponto.

O potencial num ponto é igual ao valor da energia potencial por unidade de carga $V = \frac{E_{pot}}{q}$.

O trabalho da força eléctrica no transporte de uma carga entre dois pontos é simétrico da variação da energia potencial $W_{Fe} = -\Delta E_p$, pode-se definir d. d. p., através do trabalho realizado pela força eléctrica

$$W_{Fe(A\to B)} = q(V_A - V_B) \Leftrightarrow V_A - V_B = \frac{W_{Fe(A\to B)}}{q}$$

Para existir corrente entre dois pontos de um condutor, é necessário existir uma diferença de potencial entre esses dois pontos, ficando os portadores de carga sujeitos à acção de forças eléctricas, e o trabalho, realizado por essas forças, mede a energia transferida.

5.3.6 Electricidade atmosférica: Trovoadas

A atmosfera tem uma composição muito complexa e muito dinâmica. As correntes ascendentes e descendentes transportam enormes massas de gases, poeiras e vapor de água.

Neste processo, ocorrem fricções e, por consequência, transferência de electrões entre as moléculas, originando enormes quantidades de iões positivos e negativos, que normalmente se juntam em enormes aglomerados, aumentando o seu número com a altitude, dando origem a campos eléctricos que podem atingir valores de milhares de volt por metro.

Este campo provoca um movimento das cargas, originando correntes eléctricas muito intensas entre pontos a diferentes potenciais (na própria nuvem, entre nuvens ou entre a nuvem e a Terra), excitando os electrões dos átomos que se encontram no seu caminho que, ao regressarem ao estado fundamental, emitem energia, alguma visível que permite observar o raio e, ao mesmo tempo, provoca uma expansão rápida do ar naqueles locais, dando origem a refracções e compressões (trovão) que se propagam com a velocidade de 340 m/s.

Os efeitos dos raios são análogos aos que se produzem com descargas eléctricas entre condutores muito electrizados. A sua intensidade, porém, é muitíssimo mais elevada, devido às grandes quantidades de cargas eléctricas postas em jogo e às elevadas diferenças de potencial.

Foi em 1708 que William Wall sugeriu que a formação dos trovões resultavam de faíscas entre uma nuvem carregada e a Terra, tendo sido comprovado 50 anos mais tarde por Benjamin Franklim, quando durante uma tempestade soltou um papagaio preso a um fio metálico no final do qual ligou uma chave. Verificou que ao aproximar a mão da chave surgiam faíscas entre a chave e os seus dedos.

5.3.7 Corrente eléctrica

Em todos os condutores existem cargas eléctricas com elevada mobilidade. Estes portadores de carga são nos metais os electrões de valência, também designados por electrões livres ou de condução, nos electrólitos, os iões positivos e negativos e nos gases, os electrões e os iões positivos.

Na ausência de qualquer campo eléctrico, os portadores de carga movem-se desordenadamente em todas as direcções; porém, quando são sujeitos a um campo eléctrico uniforme, actua uma força eléctrica na direcção do campo, em cada um dos portadores de carga provocando um movimento ordenado de cargas que se designa por corrente eléctrica.

A corrente eléctrica é uma grandeza algébrica, designada por intensidade de corrente eléctrica que caracteriza a corrente eléctrica e define-se como a quantidade de carga que atravessa a secção recta de um condutor por unidade de tempo.

$$I = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$$

Em regime estacionário, a intensidade de corrente não varia com o tempo e é a mesma em qualquer ponto do circuito. Nesta situação, a intensidade média em qualquer intervalo de tempo é igual à intensidade instantânea

$$I = I_{med} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

5.3.8 Sentido da corrente

Sendo a corrente eléctrica um movimento de cargas negativas e/ou positivas, podemos considerar dois sentidos para a corrente:

Considera-se como sentido real da corrente eléctrica, o sentido do movimento das cargas negativas, que se deslocam dos potenciais mais baixos para os mais altos. O sentido convencional é o do movimento dos portadores de carga positiva que, contrariamente ao sentido real, se deslocam no sentido dos potenciais decrescentes.

Sendo o sentido convencional de mais fácil compreensão, consideraremos como sentido da corrente o sentido do movimento das cargas positivas.

É, porém, de assinalar que o sentido da corrente apenas tem significado para corrente contínua, uma vez que a corrente alternada varia periodicamente de sentido.

5.3.9 Geradores de energia eléctrica

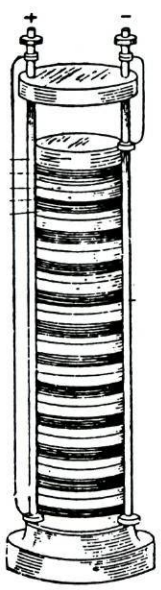


Figura 5.1 - Pilha de volta

Desde que Alessandre Volta descobriu a pilha (figura 5.1), muitos outros geradores foram descobertos e melhorados, podendo dividir-se em três tipos:

Electroquímicos, fotoeléctricos e mecânicos.

Os electroquímicos são geradores de corrente contínua e dividem-se em pilhas e acumuladores. As pilhas utilizam-se quando há necessidade de correntes pouco intensas e utilização intermitente, enquanto que os acumuladores, por se poderem carregar e descarregar em qualquer altura, permitem ser utilizados como reservatórios de energia, carregando-os na altura em que se produz excesso de energia e descarregando-os mais tarde,

quando essa energia é necessária. Para além disso, como têm uma resistência interna muito pequena, mantêm a tensão praticamente constante mesmo com a intensidade de corrente elevada.

Os fotoeléctricos convertem a energia do Sol em energia eléctrica, apesar da energia obtida através destes geradores ser insignificante. É utilizada em algumas máquinas, telefones colocados ao longo das vias de comunicação e em regiões remotas com elevado dias de sol.

Os geradores mecânicos têm por base a lei de indução de Faraday "sempre que ocorre variação do fluxo magnético que atravessa um circuito, aparece neste uma força electromotriz induzida"

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt}$$

Estes geradores podem ser de corrente contínua "dínamos" ou de corrente alternada.

A maior parte da energia eléctrica, que se utiliza nos nossos dias, é proveniente dos geradores de corrente alternada.

Estes convertem energia mecânica em energia eléctrica, através da rotação de uma ou mais bobines de N espiras e área A, num campo magnético uniforme $\vec{B}$. A rotação da bobine, a frequência constante, gera uma f e m:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -NBA\frac{d}{dt}[\cos(\omega t + \varphi)] = NBA\omega \operatorname{sen}(\omega t + \varphi)$$

A energia mecânica pode ser proveniente de uma queda de água nas centrais hidroeléctricas, de turbinas de vapor nas centrais térmicas e nucleares e do vento nos parques eólicos.

5.3.10 Resistência eléctrica

Nos metais, os portadores de carga são os electrões de valência, também designados por electrões livres. No seu movimento é necessário "empurrá-los", exercendo forças eléctricas sobre eles, contudo, no seu movimento, interagem com a rede do condutor e destas interacções resultam forças que se opõem "oferecem resistência" a esse movimento e são iguais em módulo às forças eléctricas, quando a velocidade de arrastamento dos electrões é constante cujo valor da ordem dos cm/s é muito inferior à sua velocidade efectiva da ordem dos 10^6 m/s.

A resistência dos condutores depende do seu comprimento, da sua secção e de uma característica do próprio metal "resistividade" podendo ainda variar com a intensidade de corrente.

George Ohm, em 1826, reconheceu como resultado da sua investigação sobre o efeito da corrente em fios metálicos que, a determinada temperatura, é válida a seguinte relação:

$$\frac{V}{I} = R$$

Porém, existem condutores cuja resistência varia com a intensidade. Aqueles em que a relação se mantém constante designam-se por condutores óhmicos e os outros por condutores não óhmicos.

Também se verifica que o aumento da temperatura provoca o aumento da resistência nos condutores e a diminuição da resistência nos semicondutores.

A variação da resistência com a temperatura é devida ao aumento das vibrações da rede nos metais e ao aumento do número de choques entre os portadores de carga e a rede, enquanto que nos semicondutores o efeito do aumento das vibrações da rede é superado pelo aumento dos portadores de carga.

5.3.11 Instrumentos de medida

Qualquer medição provoca alterações das condições do sistema, porém, como é indispensável efectuar medidas, é necessário minimizar as alterações provocadas pelos instrumentos de medida. No caso dos circuitos eléctricos, é muitas vezes necessário conhecer as grandezas envolvidas, utilizando-se os instrumentos de medida apropriados.

5.3.11.1 Amperímetros

São aparelhos que permitem medir a intensidade de corrente eléctrica e são intercalados em série no circuito.

Para não perturbarem as condições de funcionamento do circuito, devem ter uma resistência muito pequena.

Estes aparelhos têm diversas escalas e, em conformidade com o aparelho, podem medir-se intensidades desde os micro amperes até alguns amperes.

5.3.11.2 Voltímetros

São instrumentos para medir a diferença de potencial entre dois pontos do circuito, têm uma resistência muitíssimo elevada por forma a ser atravessados por uma intensidade de corrente muito baixa.

5.3.11.3 Ohmímetros

Instrumentos de medida que permitem medir directamente a resistência dos condutores.

5.3.11.4 Multímetros

Instrumentos que reúnem as funções dos instrumentos anteriores. Seleccionando com um comutador a escala apropriada, pode medir-se a intensidade de corrente, a d. d. p. ou a resistência.

5.3 12 Efeitos da corrente eléctrica

5.3.12.1 Magnéticos

Quando aproximamos uma agulha magnética de um íman, a agulha altera a sua direcção norte sul, devido ao campo magnético criado pelo íman que se sobrepõe ao campo magnético terrestre. Este campo é criado pelo íman na região em que está colocado, podendo as linhas de campo serem visualizadas através de limalha de ferro.

Do mesmo modo, quando aproximamos uma agulha magnética de um condutor rectilíneo ou de um solenóide percorridos por uma corrente, a agulha também é desviada da sua direcção norte sul, dependendo o sentido do desvio do sentido da corrente eléctrica.

Como o íman e a corrente provocam o mesmo efeito na agulha ou em outros materiais magnéticos, podemos concluir que a corrente eléctrica também cria à sua volta um campo magnético que, tal como no íman, também pode ser visualizado com limalha de ferro.

Este fenómeno, descoberto por Oersted, é regido pela lei de Biot e Savart

$$d\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \hat{u}_r}{r^2}$$

5.3.12.2 Químicos

Nas pilhas e acumuladores são as reacções químicas que transportam os electrões do pólo positivo para o pólo negativo, porém o processo contrário também pode ser provocado.

A decomposição química, por efeito de uma corrente eléctrica, é conhecida desde 1800, quando William Nichelson e Anthony Carlisle efectuaram a decomposição da água em hidrogénio e oxigénio; porém, apenas em 1832, Michael Faraday demonstrou que a quantidade de produto formado numa electrólise depende da electricidade utilizada e da substância.

Este processo é regido por duas leis conhecidas por leis de Faraday para a electrólise:

A primeira lei diz que a massa m de um dado elemento, que se liberta sob a forma gasosa ou se deposita sob a forma sólida, é directamente proporcional à carga q, que atravessa o voltâmetro $m = kq$, em que k é uma constante que depende da substância.

A segunda lei refere que massas de diferentes substâncias produzidas pela mesma carga são directamente proporcionais a $\frac{M}{n}$, em que M é a massa molar dos átomos e n, a carga do ião.

5.3.12.3 Térmicos

Quando os portadores de carga chocam com a rede cristalina de um condutor, estes choques provocam o aumento da temperatura devido à transformação da energia eléctrica em energia térmica.

Esta energia, que se designa de energia dissipada por efeito de joule, é directamente proporcional ao quadrado da intensidade, à resistência do condutor e ao tempo durante o qual o condutor é percorrido pela corrente $E = RI^2\Delta t$.

Esta energia é, em muitos casos, prejudicial e tem custos elevados; porém, é indispensável no aquecimento e na iluminação por lâmpadas de incandescência.

5.3.13 Transporte e distribuição de energia

As centrais eléctricas são geralmente construídas longe dos centros consumidores, sendo a energia transportada através de cabos.

Por razões de segurança e de eficiência, é indispensável a utilização de baixas tensões, nos centros de consumo "comércio, indústria ou em casa".

Apesar de os cabos condutores das linhas de alta tensão, serem construídos por metais ou ligas de resistência muito pequena e de elevada secção, devido às enormes distâncias entre os centros produtores e consumidores, a sua resistência não pode ser negligenciável.

Devido à sua resistência, esses cabos dissipam energia por efeito de joule. A potência dissipada é dada pela expressão $P = RI^2$. Para uma determinada resistência, a potência dissipada é directamente proporcional ao quadrado da intensidade de corrente. A empresa distribuidora necessita de transportar potências muito elevadas para fornecer aos seus clientes. Esta potência é transportada a muito alta tensão e baixa intensidade de corrente $P = VI$, para minimizar as perdas por efeito de joule.

As centrais produzem corrente com a tensão de 10000 V e, apesar de ser muito perigosa, é ainda insuficiente para ser transportada. Assim, esta é elevada para tensões de 30 000 V, 60 000 V, 120 000 V ou 400 000 V, conforme a distância a que é transportada. Para ser utilizada no comércio, na indústria ou nas habitações, necessita ser novamente transformada para tensões muito mais baixas, 30 000 V, 5 000 V e 220 V, ou até outros valores, conforme as exigências das aplicações.

5.3.14 Transformadores

Transformador é um dispositivo que permite alterar diferenças de potencial em corrente alternada. Funciona segundo o princípio de indução de Faraday, isto é, na indução que uma força electromotriz (f e m) alternada provoca num circuito vizinho.

Um transformador simples é constituído por duas bobines enroladas em torno de um núcleo de ferro laminado• .

O enrolamento, que recebe a potência de entrada, designa-se por primário e o outro por secundário; porém, qualquer dos enrolamentos pode funcionar como primário ou secundário.

Quando as N_p espiras do primário recebe uma f e m ε, devido ao núcleo de ferro há um grande fluxo magnético através das espiras dos dois enrolamentos, mesmo para pequenas correntes de magnetização. Desprezando as perdas por efeito de Joule por a resistência das bobines ser pequena e as perdas por histerese no núcleo de ferro, podemos considerar que o transformador tem uma eficiência de 100%.

• Para reduzir as perdas devido a correntes de Foucault.

Segundo a lei de indução, a f e m por espira, é a mesma em cada um dos enrolamentos, então:

$$\varepsilon_{esp} = \frac{d\phi}{dt} = \frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s} \Rightarrow V_s = \frac{N_s}{N_p} V_p$$

Num transformador elevador $N_s > N_p$ e num transformador abaixador $N_s < N_p$.

Para um transformador ideal, aplicando a lei da conservação da energia temos

$$V_p I_p = V_s I_s \Rightarrow \frac{I_p}{I_s} = \frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \Rightarrow I_s = \frac{N_p}{N_s} I_p$$

N, I e V representam, respectivamente, o número de espiras, a intensidade de corrente e a tensão nos enrolamentos. Os subscritos P e S referem-se ao primário e ao secundário.

5.3.15 Disjuntores e corta circuitos fusíveis

A corrente eléctrica pode ser perigosa no caso de existir alguma avaria na instalação ou nas máquinas eléctricas que utilizamos. No caso de um curto circuito, a intensidade de corrente atinge valores muito elevados que, por efeito de joule, poderia causar danos irreparáveis.

Para evitar este problema, no início da instalação são instalados corta circuitos fusível ou disjuntores que interrompem os circuitos, sempre que a intensidade de corrente atinge determinado valor.

Os fusíveis funcionam com base no efeito de joule e, quando a corrente atinge o valor limite, fundem, interrompendo o circuito, sendo então necessário substituí-los.

Os disjuntores funcionam como interruptores automáticos, que disparam, quando a intensidade de corrente atinge um determinado valor limite.

A maior parte dos disjuntores funciona pelo efeito magnético da corrente, quando esta atinge o valor máximo; o campo magnético criado é suficiente para accionar o mecanismo de interrupção do circuito.

5.4 Exploração da produção, distribuição e utilização da corrente eléctrica a nível do 8º ano do ensino básico

As actividades na indústria, no comércio, nos transportes nas telecomunicações, nos

centros rurais e urbanos estão estreitamente ligadas ao uso da electricidade.

É indispensável que o aluno conheça os princípios elementares de produção, transporte e distribuição eléctrica; deve também conhecer os princípios básicos de uma instalação eléctrica, regras elementares de segurança bem como os instrumentos de medida.

Os objectivos desta unidade encontram-se em anexo na planificação da unidade.

5.5 Desenvolvimento das actividades:

5.5.1 Circuito mistério

O professor apresenta a caixa mistério com a lâmpada acesa e questiona os alunos por que é que a lâmpada acende.

A actividade realizada pelos alunos é dividida em duas partes:

Na primeira parte, devem os alunos fazer previsões, individualmente, que serão, de seguida, discutidas em grupo, podendo ou não chegar-se a consenso.

Na segunda parte, irão, experimentalmente, verificar se o modelo funciona.

O material necessário, "lâmpadas, condutores e pilhas" não serão distribuídos pelos alunos, mas colocados em cima de uma mesa, por forma a serem os mesmos a seleccionar o material necessário.

Durante a actividade, deve o professor levantar questões sempre que o modelo não funcione.

5.5.2 Geradores de corrente contínua

Antes da actividade experimental, devem os alunos identificar alguns geradores e em que situações se utilizam.

Devem discutir as diferenças entre as pilhas não recarregáveis das recarregáveis "acumuladores".

Com a actividade experimental, pretende-se que os alunos identifiquem o funcionamento dos geradores químicos; porém, devem reconhecer que, apesar do princípio ser o mesmo, duram muito mais. No final, o professor deve passar um acetato que mostre a constituição de uma pilha e um acumulador.

5.5.3 Diferença de potencial/corrente

Antes de se iniciar a actividade, deve o professor explicar aos alunos como funcionam os instrumentos de medida e quais as respectivas unidades.

Está interiorizado, não só nos alunos, mas até em adultos, que as pilhas são armazéns de corrente eléctrica e que a diferença de potencial é uma consequência da existência da corrente eléctrica.

Depois dos alunos expressarem as suas ideias sobre estes conceitos, estas serão discutidas em grupo com o professor.

Experimentalmente, os alunos confirmarão ou não as hipóteses formuladas anteriormente.

O professor propõe então aos alunos o confronto das hipóteses com as ideias iniciais, de modo a que estes interiorizem:

Um gerador não é um armazém de corrente.

A corrente eléctrica é um fluxo orientado de cargas "electrões nos condutores sólidos".

Os electrões movem-se do pólo negativo para o positivo.

Relacionar potencial eléctrico com potencial gravítico, suas semelhanças e diferenças.

A função da pilha é transportar os electrões do pólo positivo para o negativo através de reacções químicas.

A pilha tem energia que transfere para os electrões, quando os transfere do pólo positivo para o negativo.

A corrente é uma consequência da diferença de potencial entre dois pontos de um condutor e não o contrário.

5.5.4 Conservação da carga

Na primeira proposta de trabalho, os alunos fazem previsões sobre a corrente, se é unidireccional ou bidireccional e se é a mesma em todos os pontos do circuito.

Na segunda proposta, devem os alunos prever se a introdução de mais um elemento no circuito tem ou não implicações em todo o circuito.

Estas previsões serão confrontadas com os resultados experimentais.

No decorrer da actividade, deve o professor colocar algumas questões, tais como:

O que é a corrente eléctrica?

Qual o papel da pilha no circuito?

As lâmpadas e as resistências gastam ou não corrente eléctrica?

Depois das cargas passarem a resistência a sua velocidade é ou não superior?

Quais as transformações de energia que ocorrem ao longo do circuito?

Para ajudar os alunos, pode o professor fazer algumas analogias; porém, deve ter cuidado na analogia da estrada em obras, pois pode levar os alunos a associar que, depois de passar a resistência, a velocidade das cargas aumenta, como aumenta a velocidade dos automóveis depois do obstáculo.

No final da actividade, não devem os alunos ver o circuito sequencialmente, mas sim como um todo, em que a introdução de um componente afecta todo o circuito.

5.5.5 Resistência dos condutores

A actividade deve iniciar-se com uma discussão sobre resistência eléctrica, em que unidades se mede, condutores e isoladores.

Pede-se aos alunos, para fazerem analogias sobre o transporte de água através de tubos.

No final da actividade experimental, devem os alunos concluir que a resistência de um condutor depende das características do material, é directamente proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional à sua secção.

Devem ainda identificar um isolador como um material que oferece uma resistência muitíssimo elevada à passagem da corrente eléctrica, identificando alguns isoladores e suas aplicações.

5.5.6 Lei de ohm

Questionar os alunos:

Para a mesma d. d. p. como varia a intensidade de corrente com o aumento da resistência de um condutor?

O que acontece à intensidade de corrente, que atravessa um condutor, quando se varia a d. d. p. nos seus terminais?

Depois da discussão, devem os alunos confrontar as suas ideias iniciais com o resultado da investigação.

No final da actividade devem reconhecer que para condutores óhmicos a relação $\frac{U}{I}$ é constante.

Comparando a relação com o valor da resistência lida através do código de barras, devem concluir que $R = \frac{U}{I}$

Através de diálogo e medição com um ohmímetro da resistência de uma lâmpada, antes e depois de estar acesa durante algum tempo e tendo o cuidado de a retirar do circuito quando se efectuam as medições, concluirão que a resistência dos condutores depende da temperatura a que estão submetidos.

Discutir com os alunos os semicondutores, em que a resistência diminui com o aumento de temperatura.

5.5.7 Circuitos em série e em paralelo

Na investigação efectuada pelos alunos, deve o professor questionar:

O que esperam que aconteça à intensidade de corrente à medida que colocam mais lâmpadas em série? Qual o motivo?

Se as lâmpadas forem iguais, como se relaciona o brilho das lâmpadas?

E se forem diferentes? A que se deve a diferença de brilho?

Na associação em paralelo, o que esperam que aconteça ao brilho das lâmpadas à medida que o número de lâmpadas aumenta?

Seria diferente se utilizassemos como gerador uma pilha? Porquê?

Como se pode justificar a diferença entre os resultados na associação em série e na associação em paralelo?

No decorrer da investigação, pode o professor substituir a fonte de tensão por uma pilha, ou intercalar uma resistência em série a fazer as vezes da resistência interna.

5.5.8 Potência e energia

Na aula teórica anterior, o professor deve começar por propor aos alunos uma discussão sobre diversas manifestações de energia e as transformações de energia que ocorrem num determinado circuito.

Com a ajuda do manual e de alguns rótulos, identificará o joule (J) como a unidade SI de energia, bem como outras unidades.

Identificaram também a potência, como uma grandeza física que mede a rapidez com que a energia eléctrica é transformada noutras formas de energia, reconhecendo, que, quanto

mais elevada é a potência de um aparelho eléctrico, maior é a energia eléctrica utilizada no mesmo intervalo de tempo.

Neste trabalho experimental, irão investigar os factores de que depende a potência dissipada por efeito de joule e verificar que a potência indicada pelo fabricante dos aparelhos eléctricos só é válida se o aparelho também estiver submetido à d. d. p. indicada na referência.

5.5.9 Custo da energia

A partir de recibos de energia da E D P, discutir com os alunos o custo da energia e modo de utilização mais racional.

Como "poupar energia" .

Comparar a energia utilizada por uma lâmpada de tungsténio com a utilizada por uma lâmpada fluorescente economizadora ligadas durante o mesmo tempo.

Propor aos alunos que estimem de quanto diminuiria a factura mensal da energia se em sua casa substituíssem as lâmpadas normais pelas economizadoras.

Para além das vantagens, devem também ser discutidas as desvantagens, tais como os efeitos estroboscópicos, em que a emissão de luz varia de zero até um valor máximo, que tem como consequência os objectos com movimentos de rotação possam parecer parados, e ter um espectro diferente do da luz solar, podendo provocar cansaço. Assim, estas lâmpadas não devem ser utilizadas em oficinas e em locais onde se exige concentração.

5.5.10 Campo magnético e electromagnético

Verificar experimentalmente quais os materiais magnetizáveis e não magnetizáveis e identificar os pólos magnéticos.

Visualizar as linhas de campo magnético.

Com a construção de um electroíman, devem concluir que a corrente eléctrica, tal como os ímans, também cria um campo magnético cujas linhas de campo também podem ser visualizadas.

5.5.11 Efeito magnético da corrente eléctrica

Este trabalho é sequência do anterior; porém aqui, devem explicar as diferenças entre o efeito provocado por uma corrente contínua e uma corrente alternada.

Para além de verificarem o tipo de sinal no osciloscópio de cada uma das correntes, devem os alunos justificar os motivos porque num caso a agulha se desloca num sentido e no outro caso a agulha vibra em torno de uma posição.

5.5.12 Efeitos químicos da corrente eléctrica

Antes de se iniciar o trabalho experimental, deve ser pedido aos alunos quais os efeitos da corrente eléctrica já conhecidos.

A experiência deve ser iniciada sem a adição do ácido e só depois de se verificar que nada acontece,* dever-se-á adicioná-lo e questionar os alunos por que é que, se adiciona o ácido.

Questionar quais as cargas que conduzem a corrente eléctrica nos condutores líquidos "electrólitos".

Questionar quais as transformações de energia que ocorrem no circuito.

Durante a actividade, deve-se pedir aos alunos para identificarem qualitativamente a constituição da água, informando então o professor que em cada molécula de água existe um átomo de oxigénio e dois de hidrogénio. Também se devem questionar os alunos em que tubo se está a formar cada um dos gases.

Depois de uma discussão sobre comburente e combustível, faz-se o teste com os gases dos tubos de ensaio.

5.5.13 Geradores mecânicos:

Deve-se pedir aos alunos para identificarem o tipo de geradores que existem nas centrais hidroeléctricas e no parque eólico do Marão e identifiquem as transformações de energia que ocorrem nesses geradores e como se processam essas transformações.

Depois de os alunos esquematizarem e montarem um circuito eléctrico, através da 2ª proposta de trabalho, devem concluir que se produz corrente eléctrica, sempre que se faz variar o campo magnético através de uma bobine. No final da actividade com a ajuda de um acetato e de um dínamo desmontado, procura-se que os alunos identifiquem a constituição e o modo de funcionamento destes geradores.

---

* A água inicial deve ser desionizada.

5.5.14 Transformadores

Discussão sobre a utilização dos transformadores.

A partir da relação $P = UI$ e do seu conhecimento sobre a resistência dos condutores e da energia dissipada por efeito de joule, devem os alunos concluir da necessidade de transportar a energia com tensões muito elevadas, da necessidade de transformadores e procurar a relação entre o número de espiras de cada um dos enrolamentos e as respectivas tensões.

5.6 Actividades inseridas no bloco de ciências, tecnologia e sociedade

O contacto com a vida real traz experiências ricas e motivadoras que, no entanto, é necessário explorar, incentivando a investigação pelos alunos, por forma a sistematizarem os seus conhecimentos.

No contexto da produção, distribuição e utilização da electricidade, pretende-se que os alunos saibam tirar partido não só dos instrumentos de medida, mas também dos aparelhos que utilizam no dia a dia, ou em outros sectores de actividade, reconhecendo a necessidade de utilização racional da energia.

Serão propostos para cada um dos grupos os seguintes trabalhos:

Produção de energia eléctrica em pequena e grande escala.

Transporte e distribuição de energia eléctrica.

Instalações eléctricas, protecções e utilização racional de energia.

Energia eléctrica e a sociedade.

CAPÍTULO VI

NÓS E O UNIVERSO

6.1 Introdução

A astronomia é uma ciência muito antiga, porém, entre os povos primitivos, o céu é encarado como outro mundo, povoado por deuses e por mitos.

Apesar disso, muitos povos se debruçaram sobre estudos astronómicos, encontrando-se vestígios nas mais diversas civilizações, das quais se destacam na Mesopetânia, China, Índia, Egipto e América central.

Foi, porém, na antiga Grécia que a astronomia ganhou o estatuto de ciência, ao afastarem o sobrenatural e a superstição, apesar de as ideias serem muito influenciadas pela aparência e apoiadas na percepção resultante da observação.

Para Tales de Mileto, a Terra é um disco flutuando sobre as águas, sendo o Universo delimitado pela abóbada celeste, enquanto que Pitágoras, nascido em 580 A. C., imaginou uma Terra esférica.

Este conceito foi desenvolvido por Aristóteles, para quem a Terra está imóvel no centro do Universo, movimentando-se à sua volta o Sol, a Lua, os planetas e as estrelas.

Foi na Alexandria que Eratóstenes, cerca de 230 A. C., determinou para o perímetro da Terra 39 375 km, muito próximo do valor aceite 40 008 km.

Este tinha conhecimento que ao meio dia de determinado dia, os raios solares incidiam verticalmente em Sien (Assuão) e verificou que, à mesma hora na cidade de Alexandria, faziam um ângulo de 7,2º com a vertical; conhecendo a distância entre aqueles locais, apenas necessitou de uma proporção para determinar o perímetro da Terra.

O primeiro modelo heliocêntrico foi sugerido por Aristarco de Samos (310 a 230 A. C.), ao afirmar que a Terra tem simultaneamente um movimento de rotação diário em torno do seu eixo e outro em torno do Sol, numa órbita de grandes dimensões que demorava um ano a percorrer. É o Sol e não a Terra o centro do Universo. Pelo tamanho da sombra da Terra sobre a Lua durante um eclipse lunar, deduziu que o Sol é muito maior que a Terra e, devido ao seu aparente tamanho, tem que estar a uma grande distância; por outro lado, como não conseguiu detectar qualquer paralaxe nas estrelas (a detecção de paralaxe só foi possível depois da descoberta do telescópio), considerou que as estrelas eram sóis muito distantes (Segan, 1997).

As ideias de Aristarco foram consideradas como subversivas pelos seus contemporâneos por destruírem a visão aristotélica do Universo, sendo o modelo geocêntrico reintroduzido por Cláudio Ptolomeu (85 a 160 A. C.), que propôs os epiciclos para explicar a diferença de brilho dos planetas e, só em 1543, as ideias de Aristarco foram retomadas por Nicolau Copérnico, ao propor novamente um modelo, mais heliostático do que heliocêntrico, colocando o Sol no centro do Universo cuja única função era iluminar os planetas que giravam à sua volta em órbitas circulares, sendo a Terra apenas mais um planeta cuja órbita era a terceira a partir do Sol.

Foram, porém, Joanes Keplller (1571 – 1670) e Isaac Newton (1642 –1727) que erradicaram de vez o modelo aristotélico; o primeiro, com base nos estudos de Tycho, concluiu que as órbitas não eram esféricas mas elípticas, ocupando o Sol um dos focos, que o vector posição do planeta em relação ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais e o quadrado do período é directamente proporcional ao cubo do semi eixo maior da elipse. O segundo estabeleceu a lei da atracção universal.

Em 1609, Galileu Galilei, com um telescópio por si construído, descobriu as crateras na Lua, os satélites de Júpiter e as manchas solares.

Edmundo Halley aplicou os métodos de Newton, quando da passagem de um cometa brilhante em 1682 e afirmou que este cometa era aquele que tinha sido observado por Keplller 76 anos antes, prevendo que voltaria a passar em 1759. Como a previsão se confirmou, este cometa é hoje conhecido por cometa Halley.

No início do século XX, apenas se conhecia uma galáxia, a Via Láctea, tendo em 1918, Harlow Shpley localizado o Sol na periferia da Via Láctea (Ferreira e Almeida, 1993), a única galáxia então conhecida, apesar de já no século XVIII, Thomas Wright e Emanuel Kant terem sugerido que as formas espiraladas, observadas através do telescópio, eram outras vias lácteas.

Nos nossos dias, continua-se a observar o Universo, apontando-se os telescópios para galáxias cada vez mais distantes, de modo a compreender não só o passado, mas também o seu futuro; se vivemos num Universo plano, fechado ou aberto, depende da sua massa, não tendo, até hoje, sido encontrada massa suficiente para um Universo fechado.

6.2 Investigação de algumas ideias dos alunos sobre Astronomia

Não se encontrou qualquer trabalho de investigação sobre as ideias alternativas deste conceito; por conseguinte, apenas se trabalhará com as concepções identificadas nas turmas em que o projecto se desenvolve.

6.3 Alguns fundamentos teóricos sobre astronomia

6.3.1 Evolução do Universo

A luz não se propaga instantaneamente, mas sim a uma velocidade bem determinada $3x10^8$ m/s. Quando observamos uma pessoa a 10 m de distância , não a vemos como é agora, mas como era à $3{,}3x10^{-8}$ s; quando olhamos para *longe*, estamos a olhar para *cedo* e, quanto para mais longe olharmos, mais nos aproximamos do início da formação do Universo. Assim, quando olhamos para a galáxia Andrómeda, não a vemos como é hoje, mas como era no tempo em que o homem apareceu na Terra.

O telescópio Hubble é uma autêntica máquina do tempo, enviando para a Terra imagens das galáxias que povoavam o Universo quando jovem.

Será que as galáxias sempre ocuparam as mesmas posições, num Universo eterno e imutável como defendia Aristóteles, ou as suas posições alteraram-se ao longo do tempo? Neste caso, elas afastam-se ou aproximam-se?

Em 1922, o matemático russo A. Friedmann admitiu que o Universo apresenta o mesmo aspecto, qualquer que seja a posição de que o observamos. Hubble interpretou o desvio para o vermelho com a fuga das galáxias, ao verificar que, com a excepção das galáxias do nosso enxame local, que são atraídas para a galáxia Virgem, todas as outras se afastam e a sua velocidade de recessão é tanto mais elevada quanto mais afastadas se encontram..

Na década de trinta, George Gamow, defendendo a expansão, previu uma radiação fóssil que, segundo ele, existia desde o início do Universo, quando este era milhares de vezes mais quente e mais denso. Esta radiação foi descoberta em 1961 por Arno Penzias e Richard Wilson. Eles descobriram uma radiação de fundo que tinha sempre a mesma intensidade, independentemente da orientação do detector, confirmando a teoria de Gamow.

O afastamento das galáxias, a radiação fóssil e a abundância do hélio, relativamente ao hidrogénio, são as bases em que assenta a teoria do Big Bang. Então, como é que ele ocorreu?

Com base em experiências realizadas nos grandes aceleradores, com energias da ordem de vários GeV, foi possível descobrir várias partículas fundamentais agrupadas em famílias de acordo com a sua interacção "*quarks, bosões, leptões, mesões etc.*". A cada uma dessas partículas estava associada uma antipartícula, tal como tinha sido previsto por Dirac, em 1927, ao combinar a relatividade restrita com a mecânica quântica.

Foi o conhecimento dessas partículas fundamentais e das suas interacções que permitiu construir um modelo do Big Bang.

No instante inicial, as quatro forças "forte, electromagnética, fraca e gravitacional" estariam unificadas, não sendo, por isso, possível descrever o estado do Universo; porém, à medida que este resfriava, quando a temperatura atingiu os 10^{12} K, os quarks, os leptões e as respectivas antipartículas combinar-se-iam para formarem os nucleões e os antinucleões que se destruiriam mutuamente

$$p + \overline{p} \rightarrow \gamma$$

$$n + \overline{n} \rightarrow \gamma$$

Desta destruição, apenas a um ligeiro excesso de protões e neutrões sobre as suas antipartículas, devemos a nossa existência. Desta aniquilação resultariam os fotões e os leptões que passariam a dominar o Universo.

A expansão e o esfriamento continuariam, a energia dos fotões seria então comparável à massa dos electrões, o aniquilamento prosseguiria, agora não de nucleões e antinucleões, mas de electrões e positrões que se formariam a partir dos fotões, atingindo-se um equilíbrio de "criação/destruição". Porém, assim que a temperatura desce abaixo dos 5 000 milhões de graus, os fotões não teriam energia suficiente para criarem novos pares que compensem os que se destroem e, mais uma vez, talvez um ligeiro excesso de electrões, impediu o Universo de transformar toda a matéria em luz.

Depois de alguns minutos, a temperatura seria bastante baixa para permitir a fusão dos protões e dos neutrões para formarem os núcleos, surgindo assim o deutério, o hélio e algum lítio, não tendo os elementos mais pesados chegado a formar-se devido ao arrefecimento provocado pela rápida expansão.

Só 10^6 anos depois, quando a energia das partículas atingiu 10 eV e a temperatura 10^5 K e o Universo era uma mistura de átomos de hidrogénio e hélio, a gravidade passa a prevalecer, formando-se nuvens de gás pouco isotrópicas que, ao contrariar localmente a expansão, se condensaram para formar as galáxias e as estrelas de primeira geração.

Será a expansão e o arrefecimento do Universo irreversível ou terminará um dia,

começando então a contrair-se com uma inversão da sequência dos acontecimentos até se atingir um Big Crunch a que se seguirá um novo Big Bang?

A expansão é contrariada pela atracção da matéria, prevalecendo a expansão se a velocidade inicial for superior à velocidade de escape ou a atracção se for inferior, a qual depende de um valor crítico da densidade.

Se a densidade do Universo for inferior à densidade crítica, a expansão jamais parará. Se for inferior, ocorrerá um abrandamento progressivo da velocidade até à inversão do sentido do movimento, iniciando-se uma lenta contracção até a um Big Crunch a que se seguirá novo Big Bang ou, no caso da densidade ser igual à densidade crítica, o Universo continuará em expansão, mas a sua velocidade tenderá para zero.

6.3.2 Galáxias

As galáxias são constituídas por grande número de estrelas de massas e idades diversas, nuvens de pó e de gases a diferentes temperaturas e diversos graus de concentração.

Hubble dividiu as galáxias de acordo com a sua forma em espirais, elípticas e irregulares.

6.3.3 Via Láctea

A nossa Galáxia é uma galáxia em espiral, com o diâmetro de cerca de 100 000 anos-luz e espessura máxima de 12 000 anos-luz. Para além da matéria interestelar constituída por poeiras e gases, possui cerca de cem mil milhões de estrelas nas mais diversas fases evolutivas, entre as quais se inclui o Sol.

6.3.4 Estrelas

Existem estrelas de primeira e segunda geração. As de primeira geração formaram-se a seguir ao Big Bang, enquanto que as de segunda geração se formaram a partir da condensação de gases e poeiras intergalácticos resultantes da morte das estrelas da primeira geração.

No estado inicial de formação (ainda proto-estrela), o material que constitui a estrela contrai-se e a energia gravitacional origina o aquecimento do núcleo estelar e, quando a temperatura central alcança os dez milhões de graus, a proto-estrela transforma-se em estrela e inicia-se a fusão nuclear da qual resulta a energia irradiada ao longo de milhões de anos.

A transformação de hidrogénio em hélio ocorre no núcleo e a energia resultante deste processo opõe-se à força gravítica, evitando o colapso da estrela. Este equilíbrio mantém-se durante milhões de anos "fase estável"; porém, à medida que o hidrogénio se converte em hélio, diminui a produção da energia e a temperatura, rompendo-se assim o equilíbrio. Para ser restabelecido, o núcleo contrai-se, provocando um novo aumento da temperatura e a expansão dos estratos exteriores, podendo atingir a fase de gigante vermelha.

O tempo de vida de uma estrela depende da sua massa. Estrelas com massa inferior a 0,08 massas solares nunca atingem a fase de gigante vermelha e a radiação que emitem é escassa, acabando como anãs negras.

Estrelas com massas superiores têm uma evolução semelhante até à fase de gigantes vermelhas e, quanto maior é a sua massa, menor é o seu tempo de vida. As de massa idêntica à do Sol, depois de atingirem a fase de gigantes vermelhas contraem-se até formarem anãs brancas. Da contracção das de massa superior pode resultar uma estrela de neutrões ou um buraco negro, onde, devido à sua enormíssima densidade, nem sequer a luz pode sair.

6.3.5 Constelações

Na antiguidade, acreditava-se que algumas configurações de estrelas desenhavam na abóbada celeste a figura de personagens ou animais míticos. Actualmente, as constelações são simplesmente regiões em que o firmamento está dividido, relativamente às quais, por tradição, se mantiveram os nomes originais.

Apesar de as estrelas da mesma constelação parecerem estar na mesma região, por estarem angularmente próximas quando vistas da Terra, não estão igualmente afastadas da Terra.

6.3.6 O Sol

Está situado a cerca de 30 000 anos-luz do centro da Via Láctea e roda em torno do seu núcleo juntamente com as outras estrelas, descrevendo uma órbita circular, com a velocidade de 250 km/s, demorando aproximadamente duzentos e vinte milhões de anos a completar uma volta "ano galáctico".

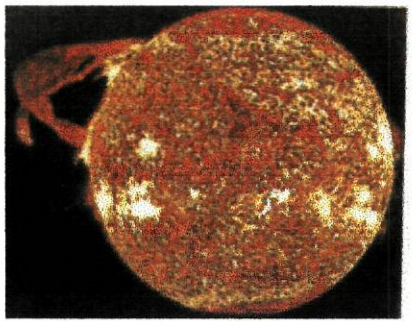


Figura 6.1 – Imagem do Sol, captada no comprimento de onda da luz ultravioleta

É uma estrela de segunda geração•, e é uma imensa bola de gás, constituída por cerca de 73% de hidrogénio, 25% de hélio e 2% de elementos mais pesados. É na sua parte central que a temperatura é mais elevada 14×10^6 K e são as reacções nucleares que ocorrem nessa parte a fonte de energia que, das mais variadas formas, irradia para o espaço. Os fotões, emitidos nas reacções, são sucessivamente absorvidos, reemitidos, reabsorvidos e reemitidos em grande número de vezes no seu percurso, levando centenas de milhares de anos até chegar à superfície, cuja temperatura é apenas de 6000 K, demorando, no entanto, apenas 8 minutos, desde aí até à superfície da Terra.

As reacções que ocorrem nas estrelas e, por conseguinte, no Sol podem ser resumidas:

$$4\,{}_1^1H \rightarrow {}_2^4He + 2e^+ + 2\nu + 26{,}7MeV$$

neste ciclo protão - protão libertam-se cerca de $6{,}6 \times 10^{14}$ joules por quilograma de hidrogénio consumido e completa-se em 3×10^9 anos.

Como o hélio é mais pesado que o hidrogénio, por acção da gravidade, é levado para o interior da estrela e o aumento de temperatura permite a reacção

${}_2^4He + {}_2^4He \rightarrow {}_4^8Be$, que será seguida da produção de elementos mais pesados segundo as reacções:

$${}_4^8Be + {}_2^4He \rightarrow {}_6^{12}C + \gamma \qquad {}_1^1H + {}_6^{12}C \rightarrow {}_7^{13}N \rightarrow {}_6^{13}C + e^+ + \nu$$

$${}_1^1H + {}_6^{13}C \rightarrow {}_7^{14}N \qquad {}_1^1H + {}_7^{14}N \rightarrow {}_8^{15}O \rightarrow {}_7^{15}N + e^+ + \nu$$

O Sol está ainda no ciclo de fusão do hidrogénio, cujas reservas ainda duram mais cerca de cinco mil milhões de anos . No final deste ciclo, a gravidade obrigará o Sol a contrair-se, com um consequente aumento da temperatura, que provocará a fusão do hélio e a formação do carbono e do oxigénio. Um novo aumento de temperatura, devido à combustão do hélio na parte central e à do hidrogénio na periferia, provocará uma dilatação, entrando então na zona das gigantes vermelhas, percorrendo depois todo o ramo horizontal do diagrama H-R, para se transformar numa anã branca. Quando toda a sua reserva de energia se esgotar, agonizará finalmente como uma anã negra.

• Estrelas de segunda geração são as estrelas que se formam nas nuvens de gases e poeiras resultantes das explosões das estrelas de primeira geração que se formaram da matéria original, após a formação do Universo.

Da superfície do Sol saem colunas de gás quente que se elevam até à fotoesfera cuja espessura é de aproximadamente 200 km. Estas colunas de gás arrefecem à medida que sobem e invertem o seu movimento ascencional para voltarem a subir.

Na fotoesfera, formam-se grupos de manchas solares que, durante um período de onze anos, atinge um máximo para voltar a diminuir. O campo magnético, criado por esses grupos de manchas, impede a saída da radiação; porém variações súbitas deste campo originam erupções repentinas, libertando uma quantidade enorme de energia em cada erupção que interfere com as transmissões de rádio na superfície da Terra.

6.3.7 Sistema Solar

O nosso sistema solar é constituído pelo Sol, pelos planetas principais que giram à sua volta, pelos planetas secundários "luas" que giram à volta dos principais, pela cintura de asteróides e pelos cometas.

Tomando como referência a cintura de asteróides, são classificados como planetas interiores, aqueles cujas órbitas são interiores à órbita dos asteróides "Mercúrio, Vénus, Terra e Marte" e, como exteriores, aqueles que orbitam para lá daquela cintura "Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno e Plutão.

6.3.8 Cometas

Quando o sistema solar se formou, os elementos mais afastados da nuvem protossolar em rotação, foram lançados para uma região mais distante, dando origem a uma gigantesca nuvem, designada por nuvem de Oort, em homenagem a Jan Oort, que, em 1950, admitiu a sua existência a uma distância do Sol compreendida entre 10 000 e 100 000 unidades astronómicas, onde os cometas se formam.

Os núcleos dos cometas (figura 6.2), são constituídos por uma "*bola de neve suja*" de água, dióxido de carbono e pó; quando se aproximam do Sol numa órbita muito excêntrica, o aumento da temperatura provoca a sublimação do gelo e a expulsão do pó que formam um halo difuso de aspecto esférico que se designa por cabeleira e, quando a sua distância ao Sol é inferior a 1,5 UA, radiação solar provoca o degelo do material dos cometas e este desenvolve uma ou mais caudas. O gás e o pó presentes na cabeleira passam para a cauda antes de se perderem no espaço interplanetário, sendo o material perdido substituído por novo material emitido pelo núcleo. O gás e o pó são expulsos em todas as direcções; porém, são empurrados

pela luz solar, que exerce pressão sobre eles, empurrando a cabeleira no sentido oposto ao do Sol. Este efeito combinado com o movimento orbital do cometa gera uma cauda de forma arqueada que pode atingir mais de cem milhões de quilómetros.



Figura 6.2 - Cometa

A massa perdida nas regiões interiores do sistema solar pode ser atraída por algum planeta cuja órbita intersecte a órbita do cometa. No caso da Terra, os pequenos grãos que atravessam a atmosfera a grande velocidade, entram em combustão devido ao atrito, dando a ilusão de uma estrela em movimento, a que se dá o nome de estrela cadente ou meteoro.

6.3.9 Planetas principais do sistema solar

São nove os planetas principais que orbitam em torno do Sol, devido à acção da força gravítica, e em conformidade com a posição das suas órbitas em relação à cintura de asteróides, são classificados como interiores (Mercúrio, Vénus, Terra e Marte) e como exteriores (Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno e Plutão).

O movimento de translação destes planetas é feito no sentido directo (contrário ao movimento de rotação dos ponteiros do relógio), bem como o seu movimento de rotação, com excepção de Vénus que roda no sentido retrógrado.

Praticamente as órbitas de todos os planetas estão no mesmo plano que se designa por plano da eclíptica, com excepção de Mercúrio e Plutão.

Também os seus tamanhos são muito diferentes, enquanto uns são muito pequenos, como Mercúrio e Plutão, outros são extraordinariamente grandes, como Júpiter e Saturno também designados por planetas gigantes.

6.3.9.1 Mercúrio

É o planeta mais próximo do Sol. Devido a esta proximidade e à sua pequena massa, não tem atmosfera e a sua amplitude térmica é muito grande (de –180º C a 480º C).

O movimento orbital de Mercúrio revela uma pequena discrepância, devido ao facto de a direcção do periélio, tal como o dos outros planetas, variar lentamente no decorrer do tempo; porém, a velocidade de processão de Mercúrio supera em 43 segundos de arco por século, o número não previsto pela mecânica clássica.

Esta processão anómala apenas foi explicada pela teoria da relatividade geral de Einstein.

6.3.9.2 Vénus

É também conhecido como estrela da manhã ou da tarde, o seu brilho intenso, é devido à relativa proximidade da Terra e à sua atmosfera muito densa que reflecte muita da energia solar.

Por estar sempre envolvido por uma camada impenetrável de nuvens, a sua superfície apenas começou a ser estudada a partir da década de sessenta através de sondas espaciais.

6.3.9.3 Terra

Formou-se há mais de 4,5 milhões da anos a partir da matéria interestelar.

Entre o centro e a sua superfície existem várias camadas. O centro da Terra designa-se por núcleo que é constituído por uma parte interior metálica e sólida e um anel exterior de matéria líquida. Por cima do núcleo, existe o manto com uma espessura de 2 900 km a que se segue a crusta que é formada por duas camadas: a exterior designada por "*sial*" formada por rochas sólidas de baixa densidade e, debaixo desta, uma camada de rochas fundidas mais densas "*sima ou magma*" que, por vezes, ascendem à superfície, através de fendas ou fracturas dando origem aos vulcões.

É o terceiro planeta do sistema solar. Tem um diâmetro equatorial de 12 756,280 km e uma massa de $5{,}976 \times 10^{24}$ kg.

Tem dois movimentos, o de rotação em torno do seu eixo com o período de 24 horas, ao qual se deve a sucessão dos dias e das noites e o de translação em volta do Sol com um

período de 365,2 dias "*ano*" numa órbita elíptica, cuja distância ao Sol varia entre 147,05 milhões de quilómetros no periélio e 152,14 milhões de quilómetros no afélio.

As estações do ano e a desigualdade dos dias e das noites são devidas à inclinação do seu eixo em relação à perpendicular ao plano que contém o Sol e o sistema Terra Lua "23,5º".

As estações do ano são divididas pelos solstício e equinócios.

Os solstícios ocorrem em 22 de Junho e 22 de Dezembro. No hemisfério norte, o dia tem a duração máxima e a noite a duração mínima no solstício de Junho, enquanto que no solstício de Dezembro o dia tem a duração mínima e a noite a duração máxima.

Os equinócios que ocorrem em 21 de Março e 22 de Setembro a parte diurna é igual à nocturna em todas as latitudes.

6.3.9.4 Marte

É conhecido como planeta vermelho, devido à coloração que apresenta no céu.

A superfície deste planeta parece possuir canais que levaram em determinada época, à ideia de que no planeta existiria vida civilizada. A partir de sondas, verificou-se a existência de extensos vales de lava solidificada, resultantes de vulcões actualmente extintos e antigos leitos de rios onde correram rios de água à superfície do planeta.

A sua atmosfera é muito rarefeita e principalmente constituída por dióxido de carbono.

6.3.9.5 Júpiter

É o planeta gigante do nosso sistema. O seu diâmetro é cerca de onze vezes superior ao da Terra. Tal como todos os planetas exteriores, é um corpo gasoso de densidade muito baixa e, devido ao seu tamanho, é de fácil observação, apresentando maior brilho do que qualquer estrela para além do Sol.

Observando-o à vista desarmada e devido à sua cor amarela, é fácil seguir o seu movimento entre as estrelas no decorrer dos dias.

Júpiter constitui como que um sistema solar em miniatura. Apesar de Galileu com o telescópio apenas observar quatro luas "*Io, Europa, Ganímedes e Calisto*", conhecem-se hoje 16 luas e a existência de anéis à sua volta.

6.3.9.6 Saturno

É um planeta rodeado de anéis cujo diâmetro exterior atinge os 280 000 km e a espessura de apenas poucos quilómetros, possuindo ainda 23 luas.

Apesar de ter o diâmetro nove vezes maior que a Terra, não aparece brilhante no céu, devido à enorme distância da Terra.

6.3.9.7 Urano

É o sétimo planeta do sistema solar, tem um diâmetro quatro vezes superior ao da Terra e encontra-se a cerca de 3 000 milhões de quilómetros do Sol. Contrariamente aos outros planetas, o seu eixo coincide com o plano da órbita, possui 5 luas e onze anéis com trajectórias perpendiculares à sua órbita.

6.3.9.8 Neptuno

Orbita a cerca de 4 500 milhões de quilómetros do Sol e, apesar de o seu diâmetro ser aproximadamente quatro vezes superior ao da Terra, não é observável à vista desarmada. Até hoje, foram descobertas 7 luas e quatro anéis.

A existência deste planeta foi deduzida através de cálculos matemáticos, para explicar as anomalias observadas no movimento de Urano.

6.3.9.9 Plutão

É o nono planeta do sistema solar e o último a ser conhecido. A sua órbita é a mais excêntrica de todos os planetas do sistema solar e, devido a esse facto, a sua órbita cruza-se com a de Neptuno. A distância do planeta ao Sol é de 4 425 milhões de quilómetros no periélio e 7 375 milhões de quilómetros no afélio.

É um planeta muito pequeno (menor que a Lua), porém possui um satélite "*Caronte*" cujo diâmetro é cerca de $\frac{1}{3}$ do diâmetro de Plutão.

6.3.8.10 Lua

É o satélite natural da Terra, o seu diâmetro é aproximadamente um quarto do diâmetro da Terra.

Quando observada através do telescópio, aparecem inúmeras crateras, algumas com mais de 100 km.

Como a sua massa é relativamente pequena, a gravidade à sua superfície é cerca de um sexto da gravidade na superfície da Terra, não sendo suficiente para manter a sua atmosfera inicial.



Figura 6.3 - Terra vista da Lua

Devido à ausência de atmosfera, o solo lunar está exposto a grandes amplitudes térmicas desde os 120º C ao meio dia lunar até –150º C em plena noite.

A Lua tem um movimento de rotação em torno do seu eixo com um período de 27,3 dias, um movimento de translação numa órbita elíptica a uma distância média à Terra de $384{,}4 \times 10^3$ km, cujo período é igual ao período de rotação e, devido a este facto, tem sempre a mesma face virada para a Terra.

6.3.11 Sistema Sol – Terra – Lua

6.3.11.1 Fases da Lua

As posições da Lua em relação à Terra e ao Sol originam a que do nosso planeta se observem porções variáveis da metade da superfície iluminada pelo Sol, que se designam por fases da Lua e conhecidas por *lua nova, quarto crescente, lua cheia e quarto minguante.*

6.3.11.2 Eclipses

As posições relativas do Sol, da Lua e da Terra originam eclipses, cujas características dependem das posições relativas; porém, apenas podem ocorrer, se a Lua, para além de se encontrar nas fases de lua nova ou de lua cheia , estiver sobre a eclíptica ou muito próximo dela.

A eclíptica é uma circunferência de círculo máximo da esfera celeste que o Sol parece descrever no movimento anual aparente à volta da Terra, cujo plano forma com o plano do

equador celeste um ângulo diedro de 23°, 27' e 30".

Os eclipses lunares resultam de a Lua, no seu movimento de translação, passar pela sombra ou pela penumbra da Terra; apenas podem ocorrer na fase de lua cheia e dividem-se em eclipses parciais, quando a Lua não entra completamente na sombra da Terra e eclipses totais, quando a Lua entra completamente na sombra da Terra.

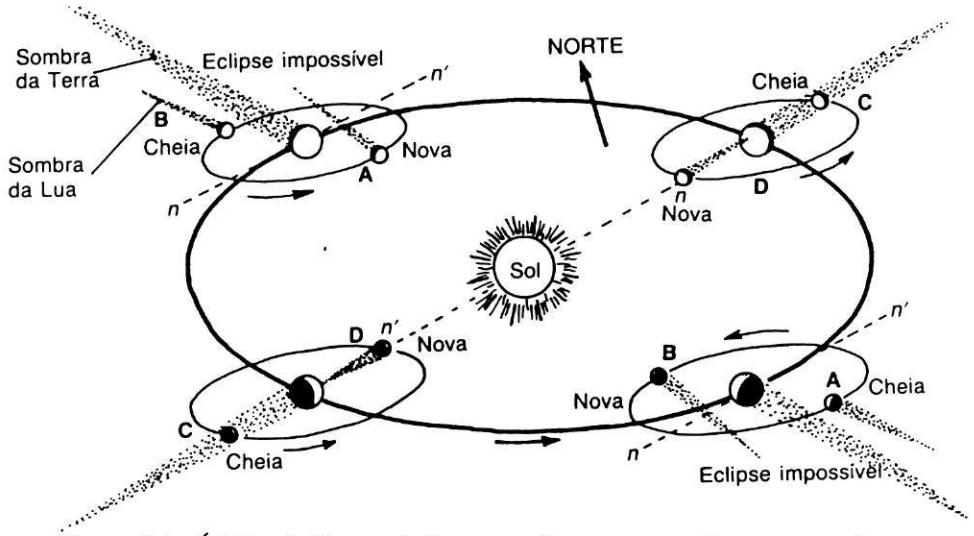


Figura 6.4 - Órbitas da Terra e da Lua, quando ocorrem e não ocorrem eclipses.

Os eclipses do Sol ocorrem na fase de lua nova, quando a sombra da Lua atinge a Terra e o Sol é total ou parcialmente ocultado.

Embora os eclipses da Lua e do Sol ocorram com igual frequência, os do Sol são observados no mesmo lugar com uma frequência muito menor, uma vez que, enquanto os eclipses da Lua são visíveis para todos os observadores de um hemisfério, os do Sol apenas são observados em zonas muito restritas da superfície terrestre, pois o cone de sombra, que a Lua projecta sobre o espaço, apenas atinge a Terra numa estreita faixa de superfície.

6.3.11.3 Marés

A força gravitacional, entre dois corpos, diminui, quando a distância aumenta. Desta força resulta a deformação de um planeta, principalmente da sua parte líquida.

O nível dos oceanos sobe e desce duas vezes por dia, sendo este facto, desde há muito tempo, associado à Lua. No entanto, Newton atribuiu as marés não apenas à Lua, mas também ao Sol, ainda que o seu contributo seja pequeno em relação à influência da Lua. Contudo, quando a Lua, a Terra e o Sol estão alinhados, a influência do Sol adiciona-se à da Lua e ocorrem as marés vivas.

Para além das marés oceânicas, ocorrem também marés na parte sólida que sobe e desce

alguns centímetros e, na atmosfera, que originam ligeiras variações da pressão atmosférica a nível local sendo apenas detectadas por recursos técnicos sofisticados (Ferreira e Almeida, 1993).

6.4 Exploração da astronomia a nível do 8º ano

A Astronomia é uma área muito aliciante para enquadrar os conhecimentos básicos de Física (movimento relativo através dos movimentos reais e aparentes dos astros, gravitação universal e força gravítica, peso e massa e relação do muito pequeno com o muito grande).

Na exploração dos conceitos desta unidade, para além dos trabalhos experimentais, deve iniciar-se com um filme vídeo sobre a formação do Universo e sua discussão.

No decorrer da unidade, as actividades devem ser acompanhadas com diapositivos e/ou diaporamas que motivem os alunos para uma área muito importante, a observação do céu.

No bloco ciência, tecnologia e sociedade, propõe-se aos alunos investigações sobre a evolução do Universo e a investigação do cosmos, será dinamizada na escola uma observação nocturna.

São objectivos desta unidade:

Conhecer a teoria do Big Bang que explica a formação do Universo;

Localizar a Terra no Universo;

A constituição do sistema solar;

Consequências dos movimentos da Terra;

Fases da Lua;

Eclipses;

Lei da atracção universal;

Estes objectivos são apresentados com mais pormenor na planificação da Unidade, em anexo.

6.5 Desenvolvimento das actividades

Para desenvolver estas actividades, organizam-se os alunos em grupos, cabendo a cada um dos grupos realizar um trabalho de investigação sobre uma das actividades, que serão apresentados e discutidos no final da unidade.

6.5.1 Big Bang

Os alunos serão confrontados com a questão:

O Universo sempre existiu tal como o conhecemos hoje, ou teve um início e terá um fim?

Depois de algum diálogo e com alguns diaporamas com galáxias, estrelas, nuvens de poeiras, devem entender que o Universo está em expansão.

Com o balão, pretende-se que verifiquem que a velocidade de fuga das galáxias aumenta com a distância, porém, esta situação é válida em relação a qualquer galáxia e, por conseguinte, não existe centro do Universo.

6.5.2 Estrelas e constelações

Para motivar os alunos, inicialmente propõe-se uma discussão sobre astrologia e como os diversos signos se relacionam com as constelações.

Discute-se também o movimento aparente das bermas, quando nos deslocamos em qualquer veículo e relaciona-se com o movimento aparente do Sol e das estrelas.

Com o globo celeste e o planisfério procura-se motivar os alunos para a observação nocturna, propondo-se ainda que os alunos mais interessados fotografem o movimento aparente da esfera celeste. No caso de a actividade ser realizada por algum dos alunos, deve o seu trabalho ser apresentado à turma.

6.5.3 Porque é que as estrelas cintilam

Esta actividade deve iniciar-se com uma discussão sobre a propagação da luz em meios não homogéneos.

Com a actividade, pretende-se que os alunos reconheçam que a cintilação das estrelas, se deve ao movimento do ar na atmosfera.

Com a segunda proposta de trabalho, pretende-se que os alunos identifiquem uma forma indirecta de observação do Sol.

Esta actividade é acompanhada da projecção de um acetato com fotografias em que se pretende mostrar a actividade do Sol.

6.5.4 As estrelas não estão à mesma distância

As enormes distâncias entre todos os corpos celestes, mesmo dentro do sistema solar, são de difícil compreensão mesmo para adultos e, por conseguinte, muito mais para os jovens desta idade.

Em termos de posição, todos os corpos celestes parecem colocados numa esfera com centro na Terra (modelo geocêntrico).

Com a actividade, pretende-se que os alunos concluam que, apesar das estrelas nos parecerem muito próximas entre si, elas estão muito afastadas e que nem sempre as mais brilhantes são aquelas que estão mais próximas, introduzindo então as unidades de distância em astronomia "ano-luz, UA e parsec".

6.5.5 Como se determinam as distâncias a que se encontram as estrelas

Pede-se aos alunos para que, em grupo e em casa, construam, para esta actividade, uma belestilha, formada por um esquadro em L, com um dos lados graduado em centímetros e milímetros e um astrolábio para a actividade seguinte. Apesar de cada um dos grupos apenas construir um instrumento que será apresentado aos colegas, todos os alunos utilizarão os dois instrumentos.

O objectivo desta actividade é desenvolver destrezas e competências, relacionando as suas medições com o trabalho dos astrónomos.

6.5.6 Coordenadas em astronomia

Da unidade corrente eléctrica, os alunos já estão familiarizados com a bússola; porém, antes de se iniciar a actividade, devem os alunos utilizá-la correctamente, interpretar a rosa dos ventos e conhecer os conceitos de latitude e longitude.

No início da actividade, propõe-se aos alunos para indicarem os métodos que conhecem de orientação e a localização dos pontos cardeais.

Na discussão, questiona-se se os pontos cardeais são suficientes para localizar um astro no firmamento.

Identifica-se então o Azimute e a altura de um astro.

Com o astrolábio construído, simula-se na sala de aula a localização de um astro.

Como actividade fora da sala de aula, pede-se aos alunos, que o construíram, para localizar a uma determinada hora da noite um determinado astro.

6.5.7 Sistema Sol – Terra – Lua

A transposição do modelo geocêntrico para o heliocêntrico poderá não ser fácil.

Em relação aos eclipses, os conceitos de corpo luminoso, corpo iluminado, raios de luz e sombras, são já conhecidos da unidade luz e visão, pelo que a discussão deve ter em conta esses conhecimentos.

No início da actividade, foram propostos alguns trabalhos de investigação que serão apresentados na altura de abordar os conceitos desenvolvidos no trabalho.

Antes de se iniciar o estudo do sistema Sol – Terra – Lua, pede-se ao grupo que investigou o sistema solar para o apresentar e o defender perante a turma. O trabalho dos alunos será complementado pelo professor.

Esta actividade será complementada com um filme sobre o eclipse de Agosto de 1999 e com slides nos quais se ilustram não só os eclipses como as fases da Lua.

6.5.8 Sucessão das estações do ano. Duração dos dias e das noites

As estações do ano e a desigualdade dos dias e das noites são abordados no mesmo trabalho experimental; porém, deve chamar-se a atenção dos alunos que a órbita da Terra não é circular, mas sim elíptica e, por esse motivo, a distância da Terra ao Sol é variável.

Realizar uma discussão com os alunos sobre as consequências dos movimento de translação e rotação da Terra.

Debater, por que é que o Verão no hemisfério norte ocorre, quando a Terra se encontra mais afastada do Sol.

Verificar experimentalmente o resultado da inclinação dos raios solares e comparar a parte iluminada com a parte não iluminada em diferentes latitudes, nas quatro estações do ano.

6.5.9 Atracção Universal

Nesta área existem algumas ideias alternativas muito difíceis de corrigir, entre os quais os conceitos "para cima" e "para baixo", quando se fala nos hemisférios norte e sul, a força

gravítica como uma acção à distância e o movimento de translação ser devido à mesma força que faz cair os corpos.

Verificar que todos os corpos caem em direcção ao centro da Terra, largando objectos e questionar sobre o mesmo processo num país do hemisfério sul.

Discutir o movimento de translação de um planeta em volta do Sol, de satélite natural ou artificial em volta de um planeta e verificar, experimentalmente, que este se deve a uma força atractiva entre os dois corpos.

Através de ímans e da electrização, os alunos concluirão que a interacção entre corpos também pode ser feita à distância e, através de diálogo, concluirão que a força gravítica, tal como a força eléctrica ou a força magnética, também resultam de interacções à distância.

6.5.10 Peso e massa

O conceito de peso e massa é de difícil compreensão na linguagem do quotidiano "pese-me 1 kg de maçãs". Por conseguinte no início da actividade, questionam-se os alunos sobre a operação de pesagem que se utiliza no dia a dia, para medir a massa dos corpos e o peso.

Introduzir o peso como um caso particular da atracção universal.

Pretende-se que os alunos identifiquem o peso de um corpo com a força gravítica que actua nesse corpo "a este nível, não tem qualquer interesse reconhecer a pequena diferença", mede-se com dinamómetros, enquanto que a massa gravítica se mede por comparação com massas marcadas através de balanças de pratos.

Com uma tina de água, simulam-se as condições noutro planeta (Lua), medindo o peso aparente de um corpo e a sua massa.

No decorrer da actividade serão levantadas algumas questões:

O peso do corpo mantém-se constante? Na Lua existe água? Qual o motivo porque o peso é diferente? Será o peso uma propriedade característica dos corpos? E a massa?

No final da actividade, utilizando a expressão da atracção universal, devem calcular o peso de um corpo na Terra e na Lua, verificando que o peso de qualquer corpo na superfície da Lua, é $\frac{1}{6}$ do seu valor na Terra.

6.5.11 À conquista do espaço

Esta actividade faz parte do bloco Ciência, Sociedade e Tecnologia, sendo apresentada depois do grupo que investigou a exploração espacial, por forma a associarem a propulsão dos

foguetes à propulsão do balão, quando o ar se escapa.

6.6 Actividades inseridas no bloco ciência, tecnologia e sociedade

A astronomia é um tema aliciante e actual de que existe abundante literatura, para além da informação cada vez mais frequente dos mais diversos órgãos de comunicação.

Sendo um tema muito motivador, serão os trabalhos de investigação distribuídos no início da unidade. Estes devem ser apresentados em suporte escrito e/ou audiovisual na aula em que os conceitos são desenvolvidos.

Neste âmbito, serão propostos os seguintes trabalhos:

Utilização dos instrumentos ópticos no estudo do Universo;

Sistema solar;

Sistema Sol – Terra – Lua;

Exploração espacial.

CAPÍTULO VII

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO SOM

7.1 Introdução

Pretende-se neste capítulo apresentar e discutir os resultados obtidos na investigação de acordo com os objectivos definidos. Comparar as categorias de respostas dadas pelos alunos nas fichas pré e pós ensino, analisar a alteração conceptual durante o ensino e verificar a eficácia de cada uma das estratégias.

A ficha diagnóstico "em anexo" foi passada antes do início da abordagem do som e audição, sendo os alunos informados pelo professor dos seus objectivos.

Esta abordava vários conceitos (tabela 7.1), sendo alguns deles repetidos em várias questões, por forma a verificar a coerência nas respostas.

Questões	Conceitos
1	Como se produz e propaga o som
2	Representação da propagação do som
3.1, 3.2, 4, 5.1, 6	O som necessita de um meio de suporte
5.2	Efeito de Doppler
7	Características do som "esquematização da difracção de uma onda"
8.1, 8.2	Reflexão
10.1, 10.2	Atributos do som : altura, intensidade, duração e timbre.

Tabela 7.1 – Conceitos de som e audição abordados na ficha pré ensino.

7.2 Tratamento e análise do perfil das respostas antes do ensino

Os dados recolhidos foram tratados de modo a diagnosticar as concepções alternativas dos alunos em cada um dos tópicos programáticos, com vista à análise da eficácia da estratégia.

As categorias consideradas para a ficha diagnóstico e para a avaliação, depois de ser implementada a estratégia, são as seguintes:

Categoria 1 – Resposta cientificamente aceite (A)

As respostas a classificar, como cientificamente aceites, têm em conta os programas em vigor e a abordagem feita nos manuais escolares, para este nível de ensino.

Categoria 2 – Resposta incompleta (I)

Foram classificadas, nesta categoria, aquelas que se limitavam a afirmar sim ou não ou que apenas referiam algumas ideias, sem contudo incluir qualquer elemento não aceite cientificamente.

Categoria 3 – Resposta contendo concepções alternativas (C. A.)

Incluem-se respostas com concepções alternativas evidentes, ou seja, ideias não aceites cientificamente, mas que, para os alunos fazem sentido para explicar os fenómenos que se lhes deparam.

Categoria 4 – Outras (Out)

Incluem-se respostas cuja estrutura não se consegue perceber ou que apenas se limitam a repetir a pergunta.

Categoria 5 – Não sabe/não responde (N. sabe)

Nesta categoria, incluem-se as questões não respondidas e aquelas em que o aluno refere expressamente que não sabe.

Questões	A			I			C.A			Out			N. sabe		
	E1	E2	C	E1	E2	C	E1	E2	C	E1	E2	C	E1	E2	C
1	11,1	8,0	4,0	48,2	20,0	52,0	25,9	52,0	36,0	7,4	0,0	4,0	7,4	20,0	4,0
2	40,7	32,0	32,0	0,0	0,0	0,0	51,9	64,0	48,0	0,0	0,0	0,0	7,4	4,0	20,0
3.1	44,4	72,0	64,0	0,0	0,0	0,0	51,8	28,0	28,0	0,0	0,0	4,0	3,7	0,0	4,0
3.2	7,4	16,0	12,0	40,7	24,0	24,0	44,5	56,0	52,0	7,4	4,0	12,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	4,0	3,7	4,0	20,0	88,9	80,0	68,0	3,7	4,0	4,0	3,7	12,0	4,0
5.1	3,7	16,0	12,0	44,4	40,0	48,0	48,1	20,0	28,0	3,7	4,0	8,0	0,0	20,0	4,0
5.2	0,0	0,0	0,0	3,7	4,0	8,0	85,2	68,0	84,0	3,7	12,0	8,0	7,4	16,0	0,0
6	3,7	0,0	4,0	25,9	20,0	24,0	59,3	68,0	64,0	7,4	0,0	4,0	3,7	12,0	4,0
7	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	8,0	77,8	88,0	80,0	0,0	0,0	0,0	14,8	12,0	12,0
8.1	3,7	0,0	4,0	14,8	12,0	4,0	66,7	56,0	84,0	7,4	4,0	8,0	7,4	28,0	0,0
8.2	3,7	0,0	0,0	3,7	12,0	4,0	70,4	76,0	88,0	7,4	8,0	0,0	14,8	4,0	8,0
9	81,5	80,0	84,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	11,1	16,0	8,0	7,4	4,0	4,0
10.1	0,0	0,0	0,0	33,3	32,0	28,0	51,9	64,0	60,0	7,4	4,0	4,0	7,4	0,0	8,0
10.2	0,0	0,0	0,0	18,5	28,0	16,0	81,5	72,0	80,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0

Número de alunos por turma: E1 = 27; E2 = 25; C = 25

Tabela 7.2 – Percentagem na categoria de respostas no pré - teste.

Para analisar os conceitos dos alunos antes do ensino, analisaram-se as suas respostas à ficha diagnóstico, em função das categorias anteriormente definidas: "Resposta cientificamente aceite" (A); "Resposta incompleta" (I); " Concepção alternativa" (C. A.); "Outras" (Out) e "Não sabe/não responde" (N. sabe), tendo-se calculado as percentagens de cada uma das categorias e em cada uma das turmas (E1; E2 e C), cujos resultados se apresentam na tabela 7.2.

Anulou-se a questão 3.1, por não se pedir qualquer justificação para a resposta e, da análise da tabela, pode concluir-se que de um modo geral, em relação às diferentes categorias de respostas, o ponto de partida das duas turmas é muito semelhante. A percentagem de respostas aceites é bastante baixa, com excepção da questão 2, em que se verifica que muitos dos alunos já conseguem representar o som como ondas concêntricas em torno da fonte sonora e da questão 9, pelo facto de a maior parte dos alunos terem ideias bem definidas sobre a poluição sonora e dos malefícios desta para a saúde. A elevada percentagem de respostas incompletas deve-se ao facto de não justificarem a sua resposta.

Numa análise mais pormenorizada das suas respostas verifica-se a existência de muitas concepções alternativas sobre os conceitos que envolvem o som, apesar destes alunos nunca terem abordado este conceito na escola, algumas concepções contradizem as suas experiências diárias.

7.2.1 Como se produz e propaga o som

Este tópico foi abordado na questão 1. O gráfico 7.1 apresenta uma distribuição dos alunos (%média) das turmas experimentais e da turma de controlo, pelas diferentes categorias

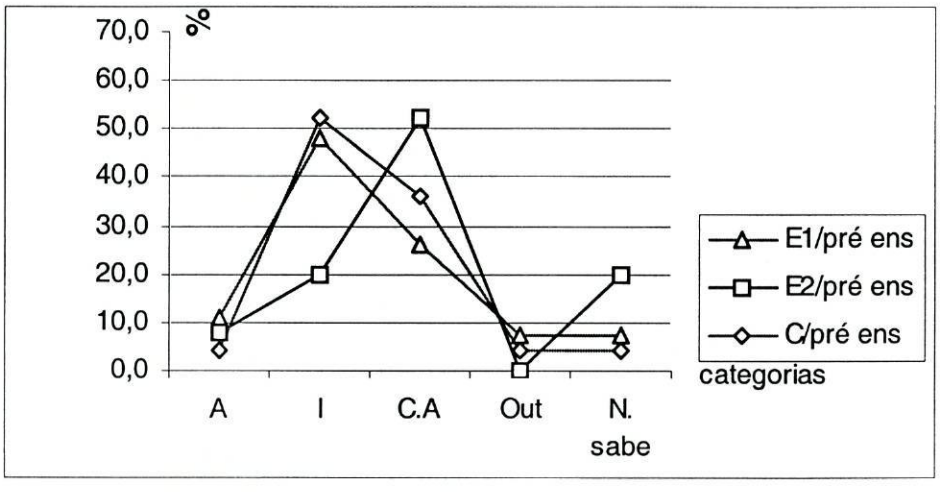


Gráfico 7.1 - Perfis de desempenho das turmas experimentais e de controlo, antes do ensino, relativos à forma como se produz e propaga o som.

de respostas da ficha diagnóstico.

Este permite verificar que as categorias das respostas são comuns nas turmas E1 e C, porém na turma E2 é diferente. A percentagem de respostas incompletas e com concepções alternativas estão trocadas em relação às outras turmas. Apesar de a maior parte dos alunos das turmas E1 e C referir que o som se propaga através de ondas, muitos deles têm não só

dificuldade em esquematizar como é que as ondas se propagam, mas também em explicar como se produz o som, ainda que alguns deles afirmem que o som aparece, quando batemos num corpo, não referindo nunca a vibração das partículas e que essa vibração se transmite às partículas do meio.

Para muitos alunos, o som é formado por partículas que se propagam:

"O som propaga-se através de partículas que se propagam".

"O som propaga-se através de partículas que se expandem devido à atmosfera".

"O som não se propaga na Lua porque no vácuo não podem existir partículas de som".

"As partículas de som transmitem-se mais depressa no carril do que no ar"

7.2.2 Representar a propagação do som entre a fonte e o detector

Na questão 2, pedia-se aos alunos para representarem a forma como o som chega de um diapasão até ao ouvido. A percentagem por categorias é ilustrada no gráfico 7.2.

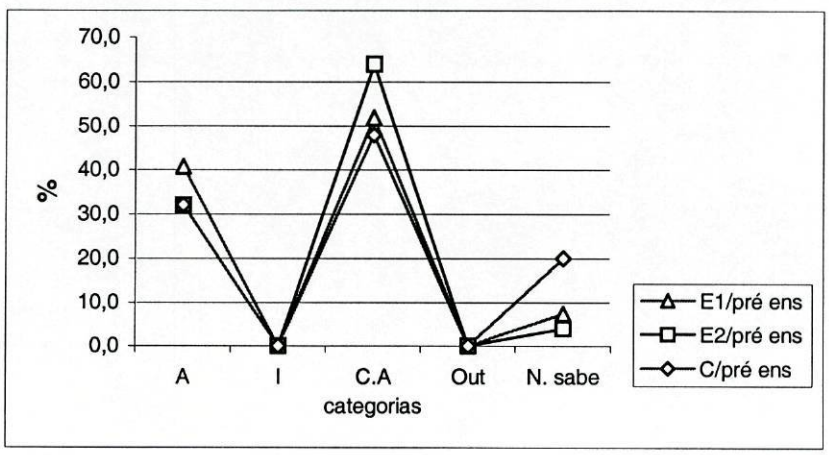
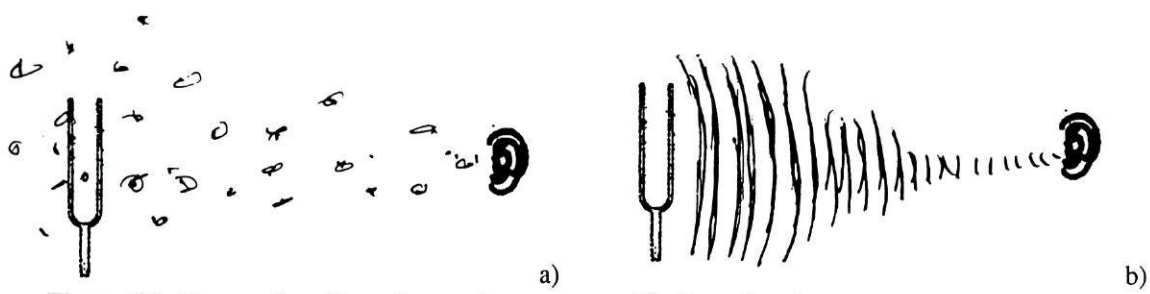


Gráfico 7.2 - Perfis de desempenho dos alunos antes do ensino, na representação da propagação do som.



a) b)

Figura 7.1- Concepções alternativas mais comuns partilhadas pelos alunos:

a) o som são partículas.

b) as ondas ao chegar ao ouvido tem o tamanho do canal auditivo.

Muitos alunos representam a propagação do som como se este fosse partículas, de acordo com as ideias expostas nas questões anteriores; porém, aproximadamente 50%

daqueles que afirmam que o som se propaga através de ondas representavam-nas por arcos de circulo cujo comprimento diminui, à medida que se aproxima do ouvido, até atingirem as dimensões do canal auditivo para nele penetrar.

Mais uma vez os perfis das respostas são idênticos, com excepção da categoria não sabe/não responde, com maior percentagem na turma de controlo.

7.2.3 Como se propaga o som através de pequenas aberturas "Difracção do som"

Em relação à audição através da porta entreaberta, " questão nº 7", tal como se previa, nenhum dos alunos fez referência à difracção, não obstante dois alunos se aproximarem bastante dessa representação. Porém, comparando com as suas respostas anteriores, parece que estes fizeram encolher a onda, para poder passar através da porta entreaberta. Para a maioria dos alunos, as ondas ou atravessam as paredes, como se estas não existissem, desviam-se dos obstáculos, ou chegam ao detector através de reflexões sucessivas.

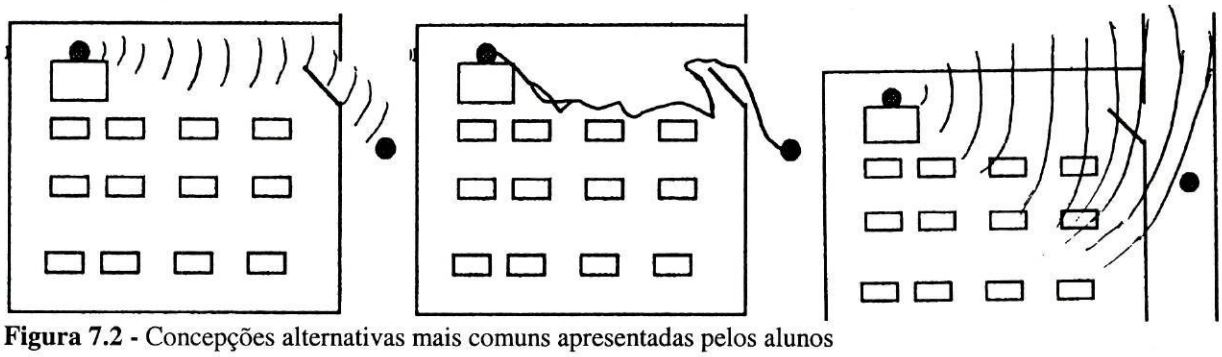


Figura 7.2 - Concepções alternativas mais comuns apresentadas pelos alunos

Da análise do gráfico 7.3, as respostas são totalmente coincidentes nas turmas experimentais e na de controlo.

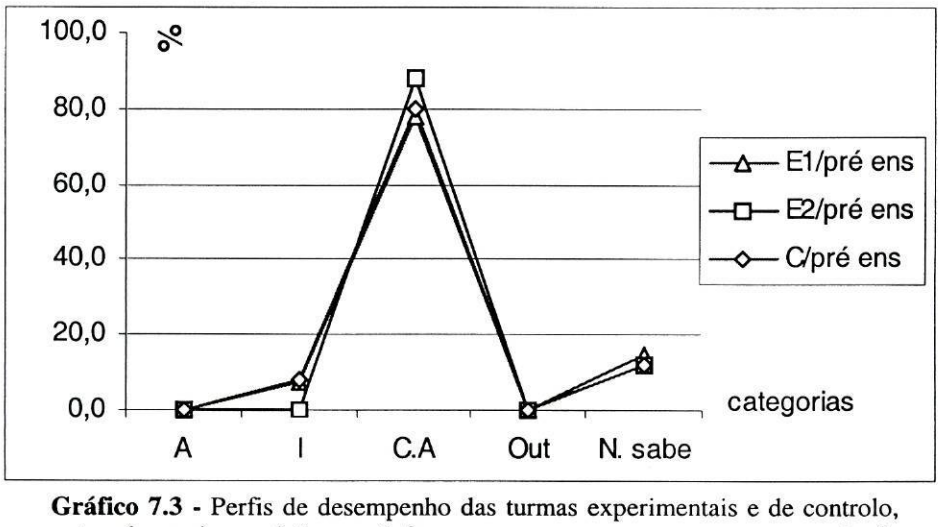


Gráfico 7.3 - Perfis de desempenho das turmas experimentais e de controlo, antes do ensino, relativos á forma como se propaga o som através de pequenas aberturas.

7.2.4 O som necessita de um meio de suporte para se propagar

Este tópico envolve as questões 3.2 , 4, 5.1 e 6 que foram classificadas em conjunto, calculando-se para cada categoria as percentagens das resposta e determinada a média em

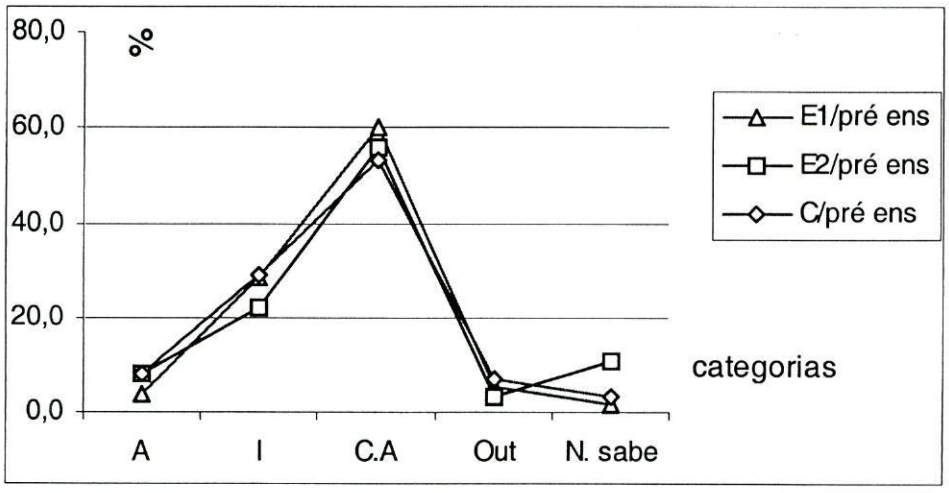


Gráfico 7.4 - Perfis de desempenho antes do ensino, relativamente aos meios em que o som se propaga.

cada uma das categorias, tendo-se verificado alguma incoerência nas respostas de alguns alunos, pois se, numa questão, a sua resposta é cientificamente correcta, contradizem-se nas outras questões em que o mesmo conceito está envolvido. O gráfico 7.4 ilustra uma elevada percentagem de concepções alternativas sobre este tópico, ainda que apareçam muitas respostas incompletas, por não darem qualquer justificação ou justificações incompletas.

Grande parte dos alunos tem a noção de Aristóteles, afirmando que o meio mais privilegiado para a propagação do som é o ar:

"O som apenas se propaga no ar".

"Na água não há ar e assim não permite que o som seja transmitido para fora de água".

"O som propaga-se na água porque esta contém ar que leva o som".

"A água abafa o som porque não tem oxigénio".

Para explicarem as suas ideias sobre a propagação ou não propagação do som na água, apresentam-se aqui algumas respostas, algumas delas associadas ao eco:

"O som fica concentrado num sítio devido à pressão da água".

"Na água não há eco e, por isso, não se ouve".

"O som não consegue atravessar a barreira de água".

"Não se consegue ouvir porque a matéria é diferente e há quebra na passagem da água para o ar".

Estas duas últimas afirmações poderão significar que estes alunos já têm uma noção da reflexão na superfície de separação entre a água e o ar.

"Sim, o som produzido pela campainha faz eco dentro de água e assim o som propaga-se".

"A água solta bolhas e abafa o som da campainha".

"Acho que não, porque já tentei isso e não ouvi nada".

Estas respostas contradizem as suas próprias experiências, pois em conversa com os alunos no final da resolução da ficha, muitos deles afirmavam que, quando batiam com duas pedras na piscina, se ouvia melhor dentro da água do que fora dela e, quando tomavam banho de imersão e batiam no fundo da banheira, tinham dificuldades em ouvir, quando tinham a cabeça de fora da água, no entanto, ouviam perfeitamente, quando colocavam o ouvido dentro de água.

Muitos alunos reconhecem que o som não se propaga na Lua, apresentando para isso as mais variadas justificações:

"A pressão na Lua é diferente da pressão na Terra".

"A atmosfera na Lua é tão grande que impede o som de sair".

"A gravidade não deixa o som propagar-se ".

"Os astronautas não ouvem o som da campainha porque estão a uma altura muito elevada".

"O espaço é enorme e não tem com que fazer eco".

"O som não se propaga porque não existe oxigénio".

Desconhece-se desta resposta se o aluno apenas associa a atmosfera ao oxigénio, ou se existem outros gases, sendo o oxigénio o responsável pela propagação.

Há também respostas para justificar a propagação do som na Lua, devido ao eco.

"O som ouve-se na Lua, porque o espaço tem eco e o som da campainha com o eco é ouvido pelos astronautas".

7.2.5 Efeito de Doppler

Nas respostas dadas pelos alunos à questão 5.2 " o som do apito do comboio, quando se aproximava, quando se afastava ou quando estava parado, ouvidos pelo João e a Ana" e ao diálogo mantido com uma das turmas experimentais após a realização da ficha, constata-se que os alunos têm noção de que o som ouvido é diferente, porém não conseguem associar essa diferença à altura do som e muito menos o conseguem relacionar com a frequência.

Da análise do gráfico 7.5 sobre os perfis de desempenho antes do ensino relativamente ao efeito de Doppler, verifica-se que os perfis das respostas são muito semelhantes e com um elevado número de concepções alternativas.

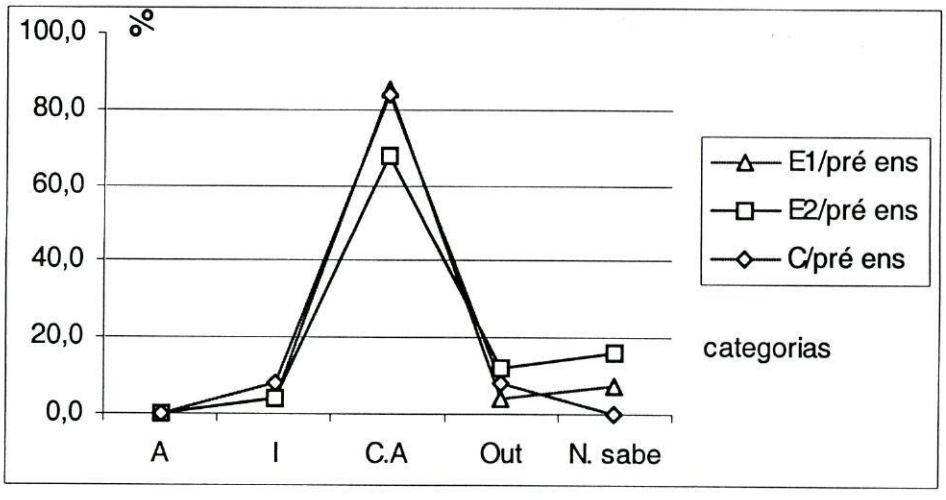


Gráfico 7.5 - Perfis de desempenho das turmas experimentais e de controlo, antes do ensino, relativos ao efeito de Doppler.

As respostas dos alunos, para justificarem a diferença do som ouvido, quando o comboio se aproxima, se afasta ou está parado, são muito semelhantes:

"Quando o comboio tem velocidade está mais longe, por conseguinte o som é mais baixo".

"Quando se afasta vai-se ouvir cada vez menos e quando se aproxima, vai-se ouvir cada vez melhor".

7.2.6 Reflexão do som

Em relação à reflexão do som, foram colocadas duas questões: na 8.1 pedia-se para explicarem o eco, enquanto que na 8.2 se pedia para explicarem o motivo porque na sala de aula não se detecta o eco.

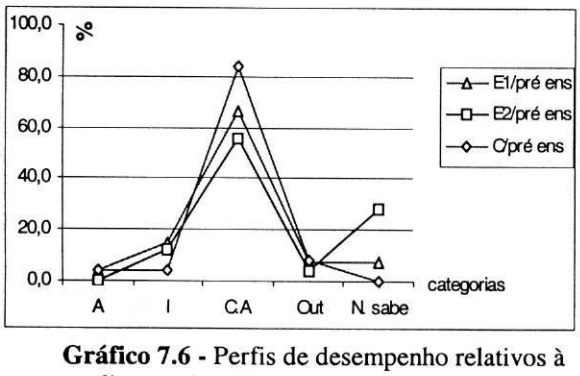


Gráfico 7.6 - Perfis de desempenho relativos à explicação do eco.

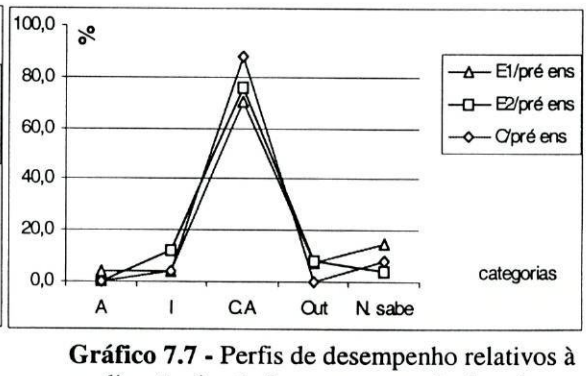


Gráfico 7.7 - Perfis de desempenho relativos à explicação de não haver eco na sala de aula.

Os perfis das respostas dadas pelos alunos constam dos gráficos 7.6 e 7.7.

Da análise dos gráficos, verifica-se que a percentagem de alunos com concepções alternativas é muito elevada e muito semelhante em cada uma das questões, porém, em face das respostas dos alunos, constata-se também que as suas ideias sobre o que é o vácuo estão muito longe do conceito cientificamente aceite. As ideias mais comuns para explicarem a reflexão e o conceito de vácuo são as seguintes:

"O som bate na barreira que faz com que ele se repita".

"Quando acaba o som, o som da nossa voz repete-se".

"Existe eco em zonas com muito vento, na sala não há eco porque não há vento".

"O som propaga-se através do vácuo criando o eco e como dentro da sala existem objectos, este fica sem vácuo e não se pode propagar".

Aqui o conceito de vácuo é associado à ausência de objectos.

"Porque é uma sala pequena e, quando ouves o professor a falar, o som fica dentro da sala".

É de realçar no entanto a resposta de um aluno muito próxima do conceito científico.

"Não se consegue ouvir o eco dentro da sala, porque o som bate na parede muito depressa e o som ouve-se ao mesmo tempo".

7.2.7 Poluição sonora

No conceito de poluição sonora existe um grande consenso, pois a maior parte dos alunos a associam a ruídos desagradáveis prejudiciais à saúde:

"A poluição sonora é o excesso de sons produzidos pelos veículos".

"A poluição sonora é quando há muitos ruídos".

"A poluição sonora são vários ruídos com muita intensidade e que prejudicam a saúde".

"É quando há muito barulho e uma pessoa muito sensível pode ficar surdo".

Da análise do gráfico 7.8, podemos concluir que os alunos não têm praticamente concepções alternativas sobre este conceito, sendo as categorias das respostas idênticas em todas as turmas.

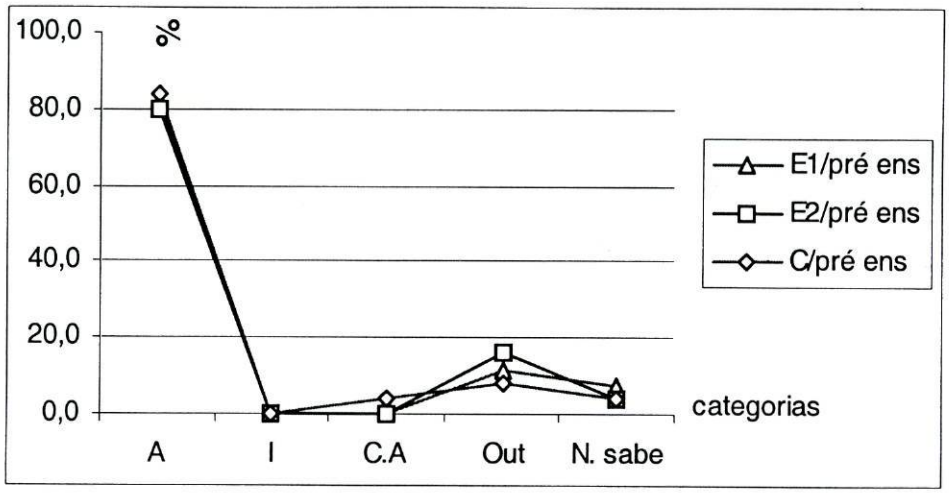


Gráfico 7.8 - Perfis de desempenho das turmas experimentais e de controlo, sobre a poluição sonora, antes do ensino.

7.2.8 Atributos do som

No tópico "atributos do som" as questões 10.1 e 10.2, foram classificadas em conjunto, fazendo-se a média das respostas em cada uma das categorias.

Da leitura do gráfico 7.9, verifica-se um elevado número de concepções alternativas e de respostas incompletas. O número destas últimas respostas deve-se ao facto de muitos alunos identificarem, apenas, que os sons podem ser agudos ou graves, não identificando qualquer outro atributo; porém, em relação à questão 10.2, muitos deles respondem correctamente que o maestro pretende um som mais agudo, sem no entanto apresentarem qualquer justificação.

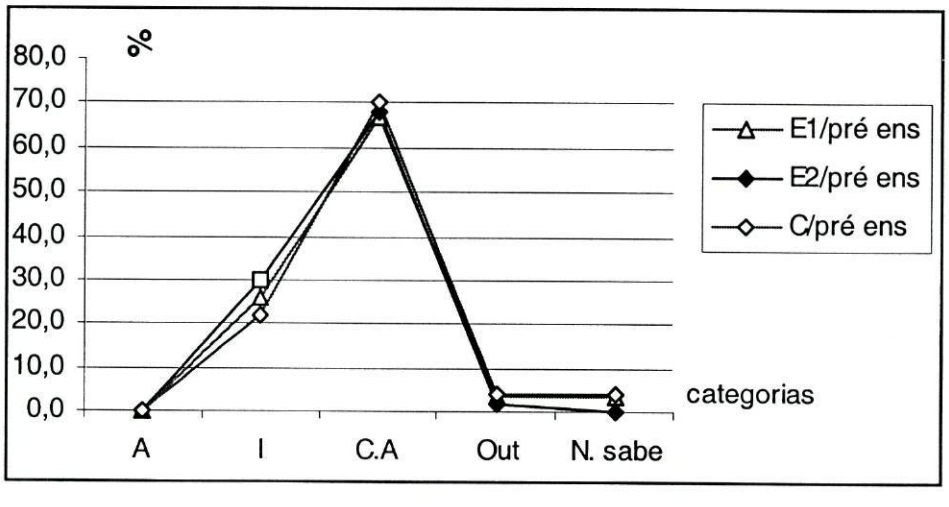


Gráfico 7.9 - Perfis de desempenho, antes do ensino, sobre os atributos do som.

A ideia dos alunos, em relação à altura do som, é associá-la à sua intensidade.

" Pedir o som mais alto é querer obter o mesmo som num volume superior ou seja aumentar a intensidade do som".

"Porque de cada vez que se aumenta a altura, aumenta a intensidade e o som propaga-se mais".

Na conversa depois da resolução da ficha, verificou-se que esta ideia resulta da linguagem do dia a dia *"põe a televisão mais baixa porque o som está muito alto"* ou *"o rádio está muito alto e incomoda os vizinhos".*

7.3 Avaliação da eficácia da alteração conceptual através do trabalho experimental

7.3.1 Comparação das categorias das respostas antes e após o ensino

A fim de avaliar a eficácia das estratégias desenvolvidas no trabalho experimental, na unidade do som e audição, foram novamente colocadas as mesmas questões da ficha diagnóstico, sendo no entanto algumas delas reformuladas e, para melhor serem identificadas, são os conceitos indicados na tabela 7.3.

Estas questões, juntamente com outras, fazem parte do teste de avaliação igual para as três turmas.

Questões		**Conceitos analisados nas fichas pré e pós ensino**
Pré ensino	Pós ensino	
1	1	Como se produz e propaga o som
2	2	Como se podem representar as ondas sonoras
3.2	3.b	O som necessita de um meio de suporte para se propagar
4	6	Reflexão e refracção do som na superfície de separação água/ar
5.1	3 a	Selecção de um meio em que a velocidade do som é superior
5.2	4	Efeito de Doppler
7	2	Difracção
8.1	7 a	Explica o eco
8.2	7 b	Qual o motivo porque na sala de aula não se detecta o eco
6	7 d	O som não se propaga na Lua
10.1	5 b	Altura do som
10.2	5 a	Atributos do som

Tabela 7.3 - Alguns conceitos abordados nas fichas pré e pós ensino do som e audição

7.3.1.1 Como se produz e propaga o som

Na questão *"como se produz e propaga o som no ar"*, para que a resposta fosse classificada como cientificamente aceite, era necessário que os alunos referissem:

O som resulta da vibração dos corpos que se propagam às partículas do meio envolvente, através de ondas de pressão longitudinais.

Da análise do gráfico 7.10, verifica-se que as turmas experimentais E1 e E2, tiveram comportamento semelhante, pois revelaram um melhor desempenho na situação pós ensino, em relação ao pré ensino, enquanto que na turma de controlo a evolução foi muito menor.

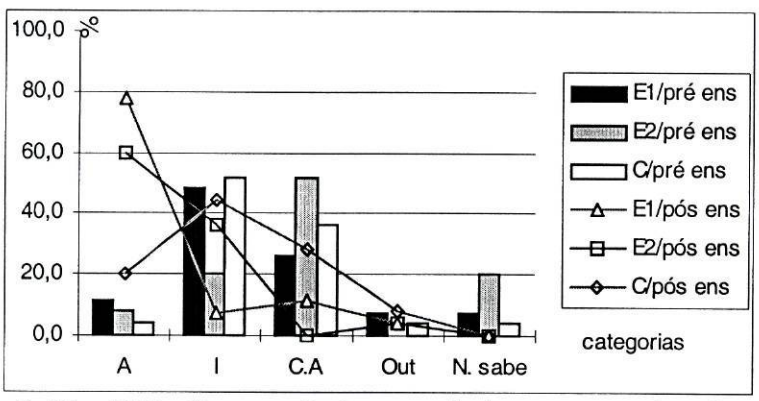


Gráfico 7.10 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, relativamente ao modo como se produz e propaga o som

7.3.1.2 Como se podem representar as ondas sonoras

O gráfico 7.11, que traduz as categorias das respostas da representação das ondas sonoras, traduz também uma maior eficácia da metodologia da alteração conceptual, através

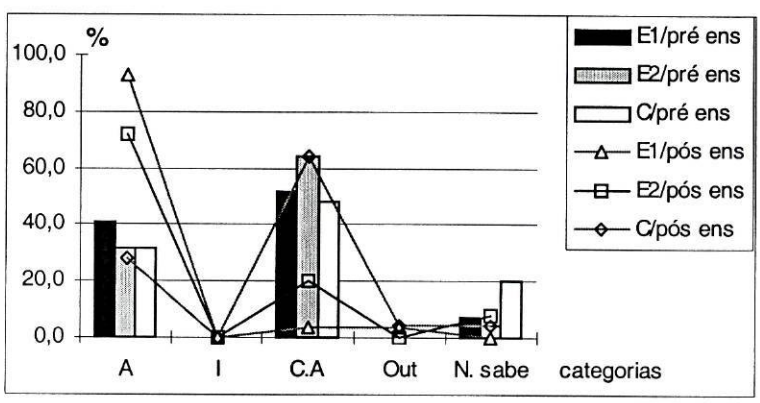


Gráfico 7.11 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, como se representam as ondas sonoras.

do ensino experimental, em relação à metodologia tradicional, uma vez que na turma de controlo, apesar de diminuir a categoria de respostas, não sabe, não responde. A categoria de

respostas aceites não sofreu qualquer alteração, havendo mesmo um reforço das concepções alternativas.

7.3.1.3 O som necessita de um meio de suporte para se propagar

Na questão em que se pedia aos alunos para escolherem, entre vários meios, aquele em que o som não se propaga, o gráfico 7.12 traduz que o desempenho da turma de controlo é muito semelhante ao da turma E1, enquanto que o desempenho da turma E2 é muito inferior.

O elevado número de respostas incompletas deve-se ao facto de, nas suas respostas, os alunos apenas indicarem o vácuo sem apresentarem qualquer justificação.

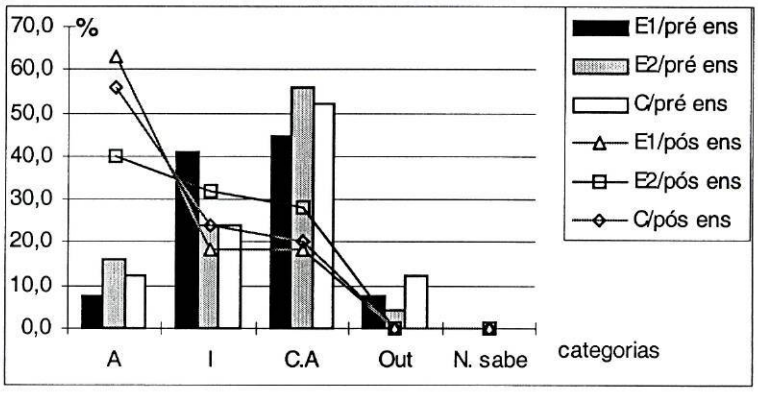


Gráfico 7.12 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, o som necessita de um meio de suporte.

7.3.1.4 Reflexão e refracção do som na superfície de separação água / ar

Para verificar se os alunos interiorizaram os conceitos de reflexão e refracção do som, quando este atravessa uma superfície de separação de dois meios, foi colocada a questão:

Três amigos, o João, o Pedro e a Teresa, foram divertir-se para a piscina. Em determinada altura, o João estava sentado na borda da piscina, enquanto o Pedro e a Teresa nadavam com a cabeça dentro da água. Nesta altura o Pedro accionou dentro de água uma buzina.

Supondo que o João "fora de água" e a Teresa "dentro de água" estão à mesma distância da buzina, indica justificando, qual deles ouviu melhor a buzina.

Nenhum dos alunos da turma de controlo abordou a reflexão e a refracção do som, como causa de a Teresa ouvir o som com maior intensidade e, apenas, 18,5% e 12% os abordou nas turmas E1 e E2 respectivamente.

O aumento do número de respostas incompletas deve-se ao facto de no pré - teste, apenas se pedir para indicarem se o som de uma campainha dentro de água era ouvido fora

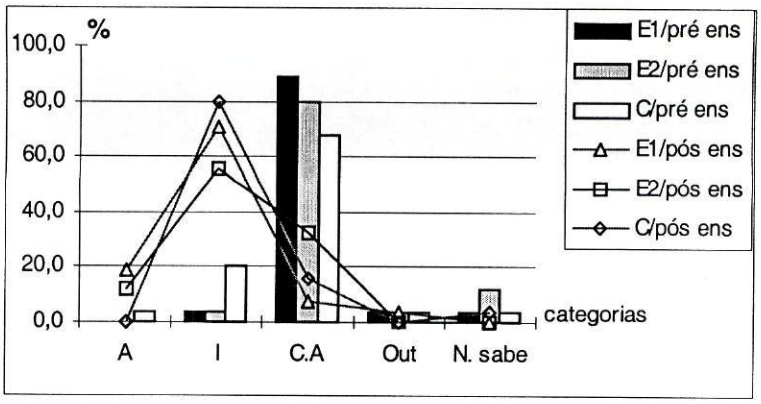


Gráfico 7.13 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, reflexão e refracção do som numa superfície de separação de dois meios.

dela. Em relação a esta última categoria de respostas, nenhum aluno da turma de controlo abordou a reflexão ou a refracção, limitando-se a referir que a causa se devia a uma melhor propagação do som na água do que no ar. A maioria das respostas incompletas das turmas E1 e E2 justificam a resposta com apenas um dos conceitos "reflexão ou refracção", para além de indicarem igualmente que o som se propaga melhor na água do que no ar, apesar de no trabalho experimental, em que esses conceitos foram abordados, terem ficado surpreendidos com o facto do som emitido, no interior de uma caixa, se ouve melhor quando esta se tapa com corticite, do que quando se tapa com uma placa metálica, não obstante no metal o som se propagar melhor.

Neste conceito, apesar de a turma E2 ter um melhor desempenho que a turma de controlo na categoria das respostas cientificamente aceites, nas categorias de incompletas e concepções alternativas, o seu desempenho foi inferior, apesar da qualidade das respostas incompletas ser superior.

A elevada percentagem de respostas incompletas pode dever-se ao estágio de desenvolvimento dos alunos, não atingindo a maior parte deles o estágio das operações formais, que lhes permita pensar em termos abstractos e relacionar simultaneamente mais do que um conceito.

7.3.1.5 Selecção do meio em que a velocidade do som é superior

Comparando as respostas cientificamente aceites e as incompletas gráfico (7.14), houve uma evolução das concepções aristotélicas em que o ar é o meio privilegiado de propagação

do som, apesar de, em E2, se verificar um aumento na categoria das concepções alternativas e uma diminuição na categoria de não sabe / não responde, podendo então considerar-se não haver sucesso na estratégia aplicada aos alunos desta turma. Em relação à turma de controlo, houve mesmo algum retrocesso das ideias dos alunos após o ensino.

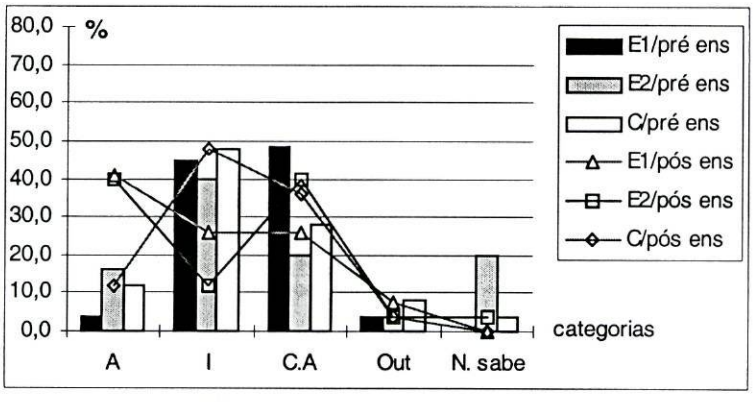


Gráfico 7.14 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, em relação ao meio em que a velocidade do som é superior.

7.3.1.6 Efeito de Doppler

Nesta questão, foram consideradas incompletas as respostas que, apesar de referirem que o som é mais alto ou mais agudo, quando o carro se aproxima, e mais baixo ou mais grave, quando se afasta, não explicaram que a frequência ouvida é maior ou menor do que a frequência da buzina do carro.

O gráfico 7.15 traduz uma percentagem muito elevada de alunos com respostas na categoria de concepções alternativas nas três turmas, relacionando a diferença entre o som ouvido não com a altura, mas com o nível de intensidade sonora nas três situações, enquanto

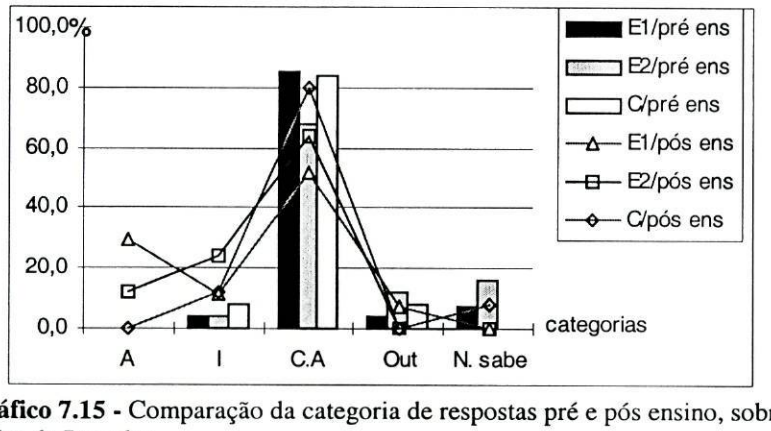


Gráfico 7.15 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, sobre o efeito de Doppler

que as respostas incluídas nas categorias cientificamente aceites e incompletas são respectivamente 29,6% e 11,1% em E1, 12,0% e 24,0% em E2 e 0,0% e 12,0% em C.

O relativo insucesso da estratégia poderá ter como causa o facto de os alunos ouvirem uma gravação de uma buzina do carro parado e em movimento, na qual se detectava a variação da altura do som, mas também a variação do nível sonoro em conformidade com a distância do carro à fonte, para além de interiorizarem mais esta última característica do que a primeira. Ainda relacionaram o perto com a aproximação e o longe com o afastar-se, apesar de terem verificado experimentalmente o efeito de Doppler. Quando fizeram rodar rapidamente um alarme, a gravação foi melhor interiorizada.

Em relação à turma de controlo, podemos constatar que não ocorreu qualquer alteração significativa do seu esquema cognitivo.

7.3.1.7 Explica o eco

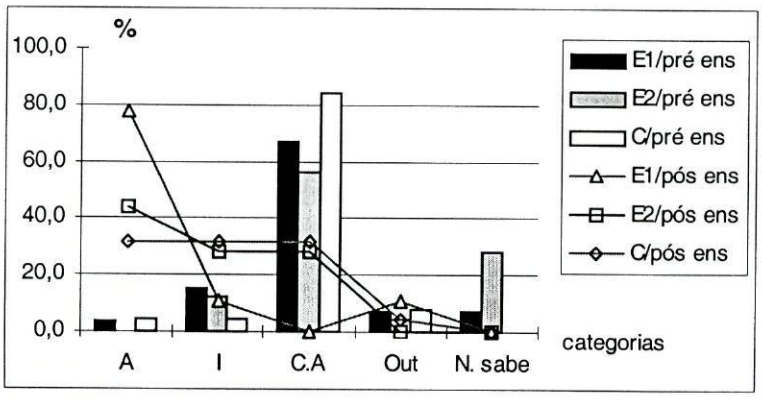


Gráfico 7.16 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, sobre o conceito do eco.

Pela análise do gráfico 7.16, houve uma franca evolução nos alunos das três turmas em relação ao conceito do eco. A elevada percentagem de respostas incompletas, nas turmas E2 e C, deve-se ao facto de não referirem expressamente a reflexão do som, limitando-se a explicar que o som ao bater na barreira muda de direcção.

7.3.1.8 Qual o motivo porque na sala de aula não há eco

Associou-se esta questão a uma outra, em que se pedia para determinar a distância mínima a que se deve encontrar uma barreira, para se ouvir o "eco", supondo que a velocidade do som é de 330 m s^{-1}.

Foram consideradas como incompletas aquelas respostas que afirmavam que na sala de aula não se detecta o eco, porque as paredes estão a menos de 17 m. Como aceites, foram as respostas que referiam que o mesmo som apenas pode ser distinguido, se separado de um intervalo de tempo mínimo de 0,1 s, e concluído que a distância mínima da barreira seria para aquela velocidade de 16,5m.

Da análise do gráfico 7.17, verifica-se ainda um elevado número de respostas na

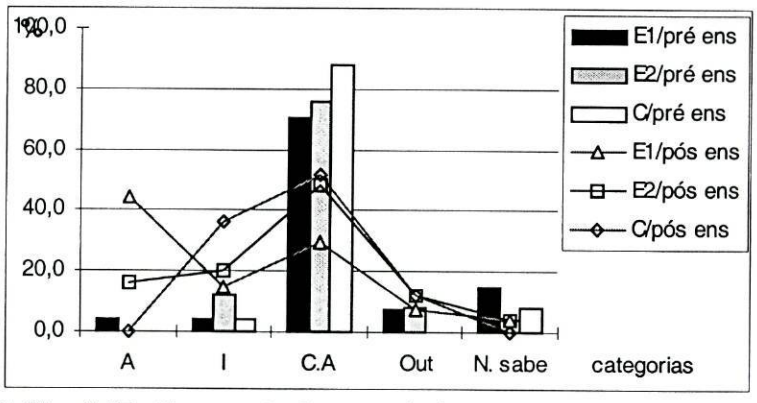


Gráfico 7.17 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, porque não se detecta o eco na sala de aula.

categoria das concepções alternativas, ainda que em menor percentagem que no pré ensino. Na turma C, nenhuma resposta foi considerada cientificamente aceite, porém 36% dos alunos afirmam que a distância mínima é de 17 m.

Numa troca de impressões com a professora da turma, conclui-se que, na aula, sempre se trabalhou com a mesma velocidade do som (340 m s^{-1}), interpretando os alunos o resultado final e não o intervalo de tempo.

É de realçar a resistência à mudança conceptual de uma elevada percentagem de alunos, que continuam a afirmar que na sala não há eco, porque está cheia de cadeiras e de mesas.

7.3.1.9 O som não se propaga na Lua

Após o ensino, esta questão foi reformulada. Em vez de se questionar directamente os alunos se na Lua se ouve o som de uma campainha, foi-lhes pedido para justificar se na Lua poderia ouvir-se o eco. Considerou-se como cientificamente aceite as respostas que

explicavam não ser possível detectar-se o eco, por não ser possível a propagação do som, por este necessitar de um meio de suporte para se propagar, sendo classificadas como incompletas aquelas respostas em que apenas se afirmava que não era possível detectá-lo, sem apresentarem qualquer justificação.

Da análise do gráfico 7.18, verifica-se um progresso significativo nas três turmas, sendo porém de assinalar que a evolução das turmas E1 e C é praticamente igual, enquanto que, na turma E2, o número de respostas cientificamente aceites é inferior, diferença essa que é compensada por um maior número de respostas classificadas como incompletas.

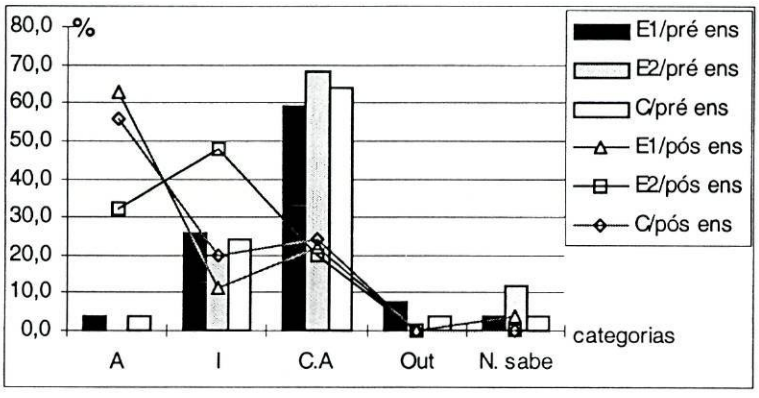


Gráfico 7.18 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, o som propaga-se na Lua?

Comparando a percentagem de cada uma das categorias de respostas nas questões *"qual o meio em que o som não se propaga"* e *"pode ouvir-se o eco na Lua"*, podemos constatar que as percentagens de respostas em cada uma das categorias é muito semelhante, comprovando-se assim que a maioria dos alunos interiorizou o conceito da necessidade de um meio de suporte para o som se propagar.

	A	I	C.A	Out	N. sabe
E1	63,0	18,5	18,5	0,0	0,0
E2	40,0	32,0	28,0	0,0	0,0
C	56,0	24,0	20,0	0,0	0,0

a)

	A	I	C.A	Out	N. sabe
E1	63,0	11,1	22,2	0,0	3,7
E2	32,0	48,0	20,0	0,0	0,0
C	56,0	20,0	24,0	0,0	0,0

b)

Tabela 7.4 - Categoria de respostas pós ensino: a) qual o meio em que o som não se propaga; b) pode ouvir-se eco na Lua.

7.3.1.10 Difracção

É muito importante os alunos compreenderem o conceito de difracção, pois, só assim, podem compreender porque é possível ouvir os sons atrás de um obstáculo, ou através de pequenas aberturas.

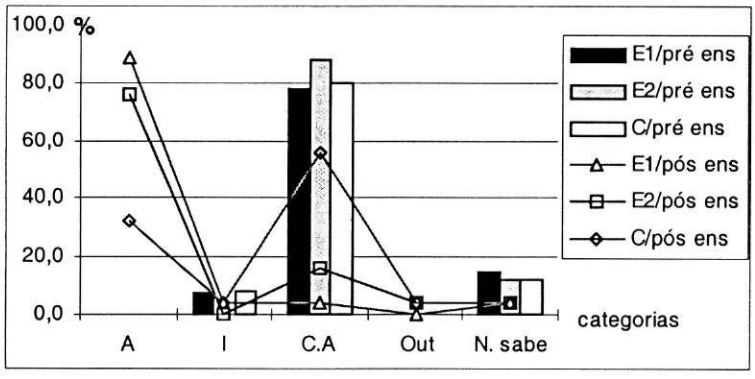


Gráfico 7.19 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, sobre a difracção.

A categoria de respostas da representação das ondas, após uma pequena abertura, pode ser verificada no gráfico 7.19. Da sua análise pode constatar-se uma elevada aquisição de conceitos científicos dos alunos das turmas E1 e E2, enquanto que na turma C prevaleceu a categoria das concepções alternativas. Esta turma não só não abordou experimentalmente a difracção do som, como nem sequer observou a difracção das ondas na tina de ondas, sendo o conceito abordado através de acetatos, que em nada ajudou a alterar as ideias alternativas dos alunos.

7.3.1.11 Altura do som

Para verificar as ideias dos alunos sobre a relação entre a altura de um som e a sua frequência, foi proposta a questão:

"Quando a Teresa estava sentada numa sala de concertos, ouviu o maestro dizer a um dos músicos que pretendia o som mais baixo. Como deveria proceder o músico para satisfazer o maestro?"

O conceito alternativo de associar a altura do som com a sua intensidade está muito interiorizado sendo muito difícil de alterar, em virtude de a linguagem do dia a dia fazer uma íntima associação entre aqueles dois conceitos.

O gráfico7.20 ilustra a prevalência destas ideias sobre as categorias de cientificamente aceites e incompletas. Apesar de no momento em que foi colocada a questão, ainda surgir uma percentagem significativa de respostas cientificamente aceites, parece-me que à medida que o tempo decorrer, esse número irá diminuir significativamente, voltando os alunos às ideias anteriores.

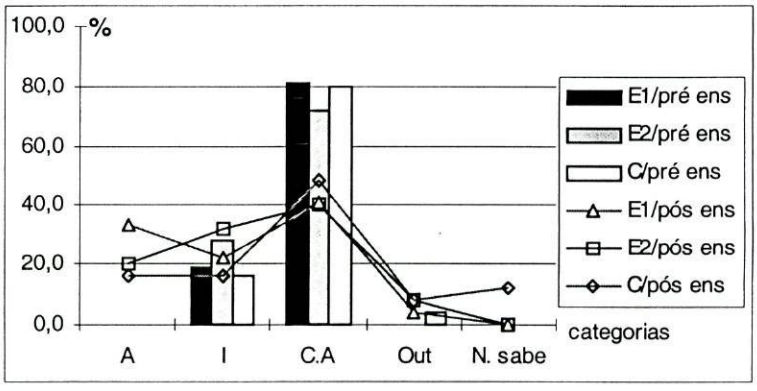


Gráfico 7.20 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, sobre a altura do som.

7.1.3.12 Atributos do som

Apesar de muitos alunos, no início do ano, afirmarem que gostavam de música e que já tocavam algum instrumento, nenhum deles deu, no pré - teste, uma resposta que pudesse ser classificada como cientificamente aceite. Porém, após o ensino a situação alterou-se, havendo uma evolução muito significativa das suas ideias alternativas muito semelhante nas três turmas.

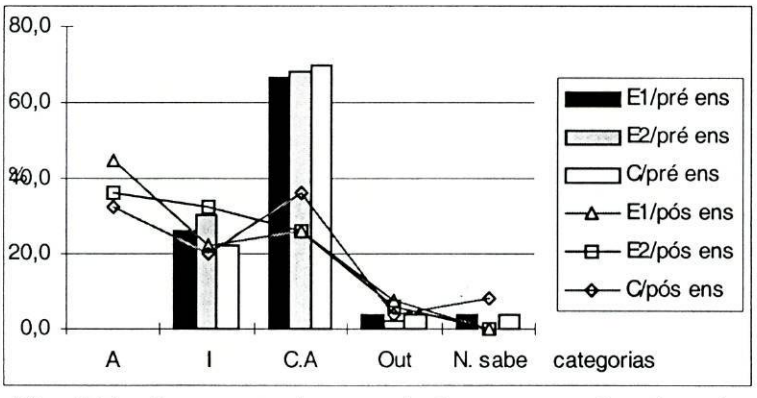


Gráfico 7.21 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, sobre os atributos do som.

CAPÍTULO VIII
APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA LUZ E VISÃO

8.1 Introdução

Antes de se iniciar o ensino da unidade luz e visão, procurou-se identificar algumas ideias dos alunos, por forma a verificar se estas coincidem ou não com as detectadas por outros investigadores sobre a luz, a sua interacção com o meio e o mecanismo de visão. Para isso, distribuiu-se pelos alunos das turmas E_1, E_2 e C (experimental 1, experimental 2 e controlo), uma ficha diagnóstico (anexo), cujos conceitos abordados estão indicados na tabela (8.5). Antes da distribuição da ficha, foram os alunos informados dos objectivos. Como apenas necessitaram de cerca de 35 minutos para responder, o restante período na turma do investigador E_1 foi aproveitado para aprofundar as ideias expressas e discutir outras questões propostas pelos alunos.

Da discussão constatou-se que alguns alunos identificam a luz com a fonte e a maioria tem uma concepção estática da luz. Esta apenas se move quando a fonte se move.

8.2 Tratamento e análise do perfil das respostas antes do ensino

8.2.1 Até onde chega a luz dos faróis de um automóvel

Muito poucos alunos afirmam que há luz na secção IV, porém nenhum afirma que há luz para além desta secção e não dá uma justificação coerente para haver luz em IV.

Da análise do gráfico 8.1, verifica-se que a maioria dos alunos não aceita que a luz chegue até à última secção, sendo insignificante a percentagem dos que responderam até IV, nas turmas E1 e C, pois apenas um aluno o fez em cada uma das turmas.

Para explicarem as suas opções, aparecem várias justificações das quais se destacam:

"O peão consegue ver os faróis, porque o homem consegue ver a quilómetros de distância; mas, pelo contrário, os faróis do carro não conseguem atingir mais de 100 m".

"A luz não chega a atingir o peão, porque o peão vê a luz a bater na estrada e é impossível atingir a secção III".

"Só há luz na secção I, porque o peão consegue ver o carro, mas o condutor não consegue ver o peão".

"Secção I porque a luz está em direcção à estrada e o peão consegue ver a estrada, mas a luz não chega até ao peão".

"Secções I e II para o peão ver a luz tem que estar no escuro, caso contrário, a luz focava-lhe os olhos".

"Apenas chega a III porque o peão olhando de frente consegue ver a luz do carro, mas se olhar de frente não vê a luz".

"Apenas há luz na secção I, porque os faróis estão apontados para o chão".

Com estas respostas, os alunos apenas aceitam que há luz nos locais iluminados. Para

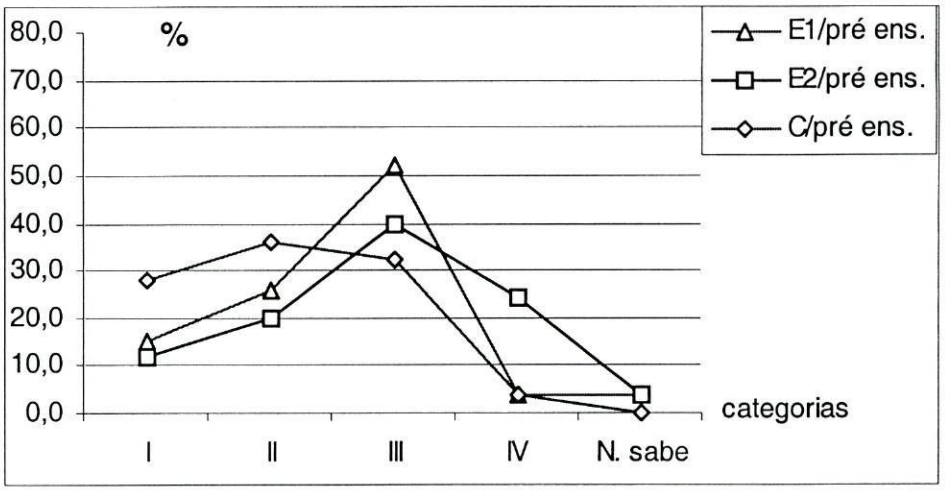


Gráfico 8.1 - Perfis de desempenho, antes do ensino, até onde se propaga a luz.

além disso, construíram esquemas que tentam explicar o mecanismo de visão. Apesar de a luz ser importante no mecanismo de visão, o seu papel consiste em iluminar os objectos. Os olhos tomam parte activa nesse mecanismo, não recebendo a luz proveniente dos objectos, para impressionar a retina, mas sim detectando-a no local onde se encontra, ideia esta que é melhor explicada na justificação do mecanismo de visão em que os olhos emitem raios na direcção dos objectos, onde se encontram com os raios de luz. Este mecanismo de visão foi exposto talvez pela primeira vez por Euclides na sua obra " A óptica e a catatrópica" na qual afirmava que a luz se propaga em linha recta. Porém, o olho também emitia raios visuais que se propagavam também em linha recta em direcção aos objectos.

"Os faróis estão nos médios, portanto não podem chegar à secção III".

"A luz não chega a III porque a luz é fraca".

"A luz não se pode propagar mais de 200 m, porque vai enfraquecendo".

Para estes alunos, a luz vai enfraquecendo até ser completamente absorvida.

"Atinge a secção III, porque o carro circula numa estrada rectilínea e o peão consegue ver a luz".

"A luz, ao bater na secção I, espalha-se até às secções II e III, senão o peão não via".

"Porque o peão vê as luzes, pode não ser muita luz, mas se ainda vê é provável que ainda chegue ao peão".

Os alunos com respostas deste tipo aceitam que a luz chega até aos olhos do observador, e que, para ver, é indispensável que a luz entre nos olhos. Para além disso, concebem que a luz, ao embater nos objectos, é reflectida para uns em direcção ao observador "reflexão especular", para outros espalha-se "reflexão difusa".

"Não chega à secção IV, porque a luz demora tempo a chegar a uma distância e, quando o carro chega à secção II, a luz já chega à secção IV".

Esta ideia pressupõe uma concepção estática da luz. Esta move-se tão devagar de tal forma que o seu movimento está relacionado com o movimento da fonte.

"Não chega a IV, porque o homem estava na frente".

Propagação privilegiada da luz em direcção ao observador que a intercepta.

"Chega até IV, porque a luz percorre muita distância no ar, mas, se fosse no espaço, podia ver-se a distância infinita".

Esta ideia está muito próxima da concepção cientificamente aceite, porém o aluno tem a ideia de que a luz é absorvida pela atmosfera.

8.2.2 Relação entre a distância percorrida pela luz durante o dia e durante a noite

Pela análise do gráfico 8.2, verifica-se uma elevada percentagem de concepções alternativas sobre a distância percorrida pela luz. O número de respostas cientificamente aceites tem algum significado em E1 e o de respostas incompletas, por não apresentarem qualquer justificação, limitando-se a afirmar que a distância percorrida pela luz é igual de noite ou de dia, é significativa nas turmas E1 e E2.

Dos alunos que responderam que a luz percorre diferentes distâncias de dia e de noite, a maioria esmagadora afirma que, numa noite sem luar, a luz percorre maior distância, apresentando as mais variadas justificações e das quais se destacam:

"A luz é mais visível no escuro do que de dia".

"Na noite a luz ilumina melhor porque está escuro".

"Num dia de sol não se vê a luz da lanterna, pois a luz do sol é muito maior".

"Num dia de sol a luz do sol apaga a luz da lanterna e de noite propaga-se mais rápido".

"Quando ligamos a lanterna à luz do sol, ela (lanterna) não faz nenhuma alteração".

Poucos alunos afirmam que a luz se propaga a maior distância de dia do que de noite e aqueles que o afirmaram não apresentaram qualquer explicação. Apenas um afirma que a luz arrefece e, por conseguinte, tem maior dificuldade em se propagar.

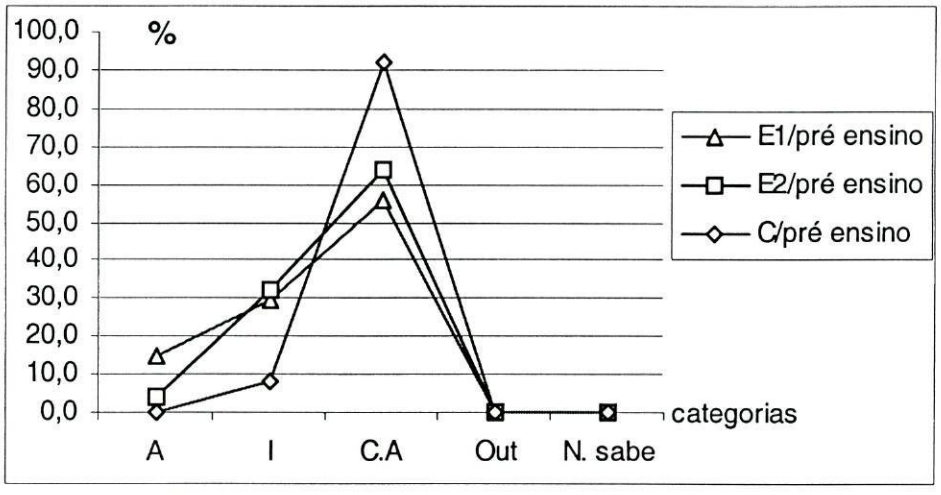


Gráfico 8.2 - Perfis de desempenho antes do ensino, sobre a relação entre a distância percorrida pela luz de dia e de noite.

"De dia a luz da lanterna não sofre arrefecimento, isto é, não sofre alterações, logo vai percorrer maior distância".

Em relação aos alunos que admitem que a luz percorre a mesma distância, surgem as seguintes justificações:

"A distância percorrida nas duas situações é igual, mas vê-se mais de dia do que de noite".

"É igual nas duas situações, mas na segunda situação parece não haver luz devido a já existir luz do sol (natural), mas a luz da lanterna está acesa com a mesma graduação".

O aluno deve querer afirmar com a mesma intensidade.

"A distância é a mesma, mas não a vemos, porque a luz do sol a absorve, tornando-a invisível".

"Porque a luz não tem interferência da claridade ou da escuridão".

Apesar de vivermos num mundo de luz, os jovens construíram, ao longo da sua vida, esquemas cognitivos alternativos para explicarem os fenómenos com ela relacionados. O conceito de luz está relacionado com a iluminação. Se está iluminado, então existe luz, se não está iluminado então não há luz. Existe uma direcção privilegiada de propagação da luz que se propaga melhor de noite do que de dia. Alguns alunos têm uma visão estática da luz "esta desloca-se quando a fonte se movimenta".

8.2.3 Cor dos objectos

A cor é um fenómeno que, desde sempre, intrigou o homem; porém, só quando Isaac Newton fez atravessar um feixe de luz branca, através de um prisma, se descobriu que esta é multicolor.

A cor dos objectos resulta da absorção, reflexão ou transmissão selectiva da luz.

Diversas investigações, se debruçaram sobre este conceito, de entre as quais é de realçar a de Laurinda Leite e Susana Sá, publicada na gazeta de Física em 1997. O seu trabalho consistiu em inventariar as ideias dos alunos sobre a luz de focos coloridos depois de atravessarem filtros de luz.

De entre as concepções encontradas é de salientar as seguintes:

As cores do foco e do filtro, misturam-se para dar nova cor.

As cores escuras sobrepõem-se às cores claras.

O filtro tem uma cor característica que determina a cor da luz que o atravessa.

No presente estudo, pretendeu-se que os alunos identificassem a cor dos objectos quando iluminados por luzes de diferentes cores.

Para facilitar a exposição, quando se indica a cor de uma peça de vestuário (azul, branca, preta ou amarela), deve entender-se quando iluminada com luz branca.

Em relação à saia azul, quando iluminada por focos "vermelho, azul e verde" surgem respostas muito diferentes nas três turmas.

Para a maior parte dos alunos, a saia mantém a cor azul, quando iluminada com um foco azul e muito poucos afirmam que a saia é preta, quando iluminada pelos focos vermelho e verde. Isto pressupõe que a maioria dos alunos entende que a cor resulta da mistura da cor natural do objecto com a cor da luz "azul com azul origina azul, porém azul com a luz vermelha ou verde originam outras cores".

Cor do foco	cor da saia	Azul	azul esver-deada	Verme lho	Casta nho	roxo	verde	branco	Preto	amarelo	n.sabe n. respon-de
Vermelho	E1	3		4		6	4		4	1	5
	E2	3		3	4	4	1		9		1
	C	1				9	4	3	2		6
Azul	E1	21			1					1	4
	E2	24									
	C	19						3	3		
Verde	E1	6			1		7	1	1		11
	E2	1	6		1		3		2	10	2
	C	4		4			1			8	8

Tabela 8.1 - Resposta antes do ensino sobre a cor de uma saia (azul iluminada por um foco branco) quando iluminada por focos vermelho, azul e verde.

Em relação à blusa branca, a grande maioria dos alunos admite que a cor da blusa é a da luz com que foi iluminada. Estas respostas parecem cientificamente aceites, porém, quando comparamos a resposta a esta questão com as respostas às outras, a cor da blusa não se deve à cor da luz reflectida, mas sim, porque é natureza da luz pintar os objectos.

cor do foco	cor da blusa	Azul	Verme-lho	castanho	Roxo	verde	branco	preto	Amare-lo	n.sabe não responde
Vermelho	E1		22	1					1	3
	E2		24				1			0
	C		17	2	2		1			3
Azul	E1	23							1	3
	E2	22	1			1	1			0
	C	18	2			2				3
Verde	E1	1				23				3
	E2	3				19	3			0
	C					16	2	3		4

Tabela 8.2 – Resposta antes do ensino sobre a cor de uma blusa (branca iluminada por um foco branco) quando iluminada por focos vermelho, azul e verde.

Em relação ao colete preto, uma grande percentagem de alunos afirma que continua preto, independentemente da cor do foco com que é iluminado. Porém, através das questões colocadas aos alunos da turma E1 no final da resolução da ficha, o preto não resulta da absorção da luz pelo colete. Pelo facto de a sua cor ser preta, quando iluminado com luz branca, maior é a razão para ser preto, quando iluminado por uma luz mais escura, admitindo ainda alguns deles que, se iluminado com azul, vermelha ou verde, a sua cor é a do foco ainda, que mais escura.

cor do foco	Cor do colete	azul escuro	Verme-lho escuro	cinzento	roxo	verde escuro	branco	Preto	amarelo	n.sabe n. respon de
Vermelho	E1	1	3	1			1	18		3
	E2		10	2			1	11	1	0
	C	2	2		3	3		9		6
Azul	E1	6			1		1	15		4
	E2	9	1	1				12		2
	C	6				2		10	1	6
Verde	E1	1		1		5		16	1	3
	E2		1			10	1	12		1
	C	4				3	1	12		5

Tabela 8.3 - Resposta antes do ensino sobre a cor de um colete (preto iluminado por um foco branco) quando iluminada por focos vermelho, azul e verde.

É, porém, nas sapatilhas amarelas que melhor se evidenciam as ideias dos alunos de que a cor resulta da mistura da cor dos objectos com a cor da luz (tabela 8.4), acreditando a maior parte que os objectos amarelos são cor de laranja, quando iluminados por uma luz vermelha, verdes quando iluminados por uma luz azul e azuis se iluminados por luz verde.

Cor do foco	Cor das sapatilhas	Azul	Verme-lho	Casta-nho	laranja	Verde	Verde amare-lado	branco	Preto	Amare-lo	n.sabe n. respon de
Vermelho	E1		4	2	9	2		1		3	6
	E2	1	7	1	16						0
	C				15				5		5
Azul	E1	3	1	1		13	2		1	3	3
	E2	4				20					1
	C					22		1		2	
Verde	E1	7				6	3	2	1	3	5
	E2	15				3	5			2	0
	C	16				2					7

Tabela 8.4 – Resposta antes do ensino sobre a cor das sapatilhas (amarelas iluminadas por um foco branco) quando iluminadas por focos vermelho, azul e verde.

Um pequeno número de alunos considera que a cor é independente da luz que os ilumina, seja ela vermelha, azul ou verde.

Estes esquemas cognitivos resultam da confusão das cores, resultantes da mistura de pigmentos de tintas em maior ou menor proporção, para criarem novas cores de diferentes tonalidades (síntese subtractiva) e da pouca experiência perante a iluminação com luz diferente da branca, apesar de alguns deles já ter frequentado uma discoteca.

Para alterar estes esquemas cognitivos alternativos, é indispensável que os alunos reconheçam que a luz branca é uma mistura de radiações de várias cores, que a cor resulta da

absorção, reflexão e transmissão selectiva das radiações, que é subjectiva e que o preto não é cor, mas resulta da ausência de luz (o objecto absorve toda a luz que nele incide).

8.2.4 Lentes convergentes

Apesar das lentes serem um dispositivo óptico muito comum e de, muitas vezes, a comunicação social apontar, como causas de muitos incêndios, garrafas de vidro abandonadas, os jovens que atingiram o oitavo ano têm muita dificuldade em apresentar uma explicação científica sobre o princípio do seu funcionamento. Construíram, no entanto, um esquema conceptual coerente, para justificar porque é que estas podem provocar incêndios, quando sobre elas incide a luz do Sol.

Na ficha diagnóstico, foi-lhes pedido para justificarem a razão por que se pode incendiar

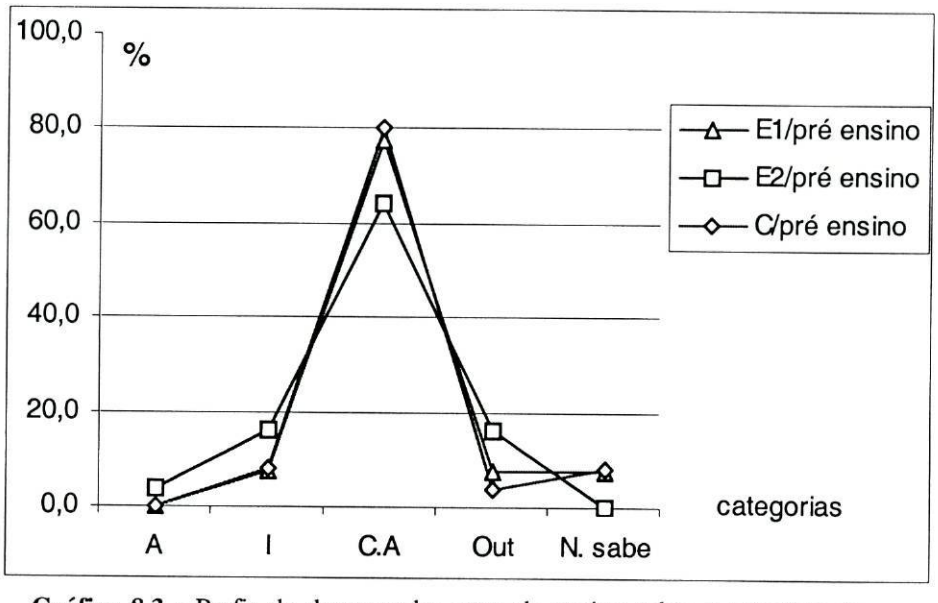


Gráfico 8.3 - Perfis de desempenho antes do ensino sobre o princípio de funcionamento das lentes.

um fósforo, utilizando uma lente convergente num dia de sol. Apenas um aluno da turma E2 deu uma explicação científica, enquanto que a maioria esmagadora dos alunos apresenta concepções alternativas.

Uma das concepções mais enraizada é de que a luz amplia o calor, de entre as quais é de salientar as seguintes respostas:

"O calor do sol bate no vidro da lupa e esta passa o calor muito forte para o fósforo".

"A luz passa pela lupa e aquece".

"O sol já é muito quente, mas a lupa amplia o calor".

"O vidro atrai a luz do sol e aumenta os raios solares".

"A lupa amplia a força da luz e ela fica mais quente".

"Porque a luz do sol incide sobre o vidro o que faz com que a luz do sol aumente de temperatura".

"A luz bate no vidro fazendo-o aquecer e depois de o vidro estar quente a luz que passa pela lente fica mais quente e incendeia o fósforo".

Surgem algumas respostas em que os alunos confundem a reflexão com a refracção, ao afirmarem que *"os raios solares reflectem-se na lupa e vão ter ao fósforo".*

O aluno cuja resposta se pode considerar cientificamente correcta afirma *" a lupa faz convergir os raios de sol no ponto onde se colocou a cabeça do fósforo e este aquece incendiando-se".* Surgiram também repostas muito próximas do conceito científico e que foram consideradas como incompletas, de entre as quais se indicam apenas três:

"A lupa que é feita de vidro absorve a energia e reúne-a num ponto".

"A luz fica só concentrada num sítio".

"A lupa junta a luz na ponta do fósforo que aquece e consegue incendiar o fósforo".

Estas concepções alternativas podem perfeitamente ser superadas depois de conhecerem o conceito de raio e, através do trabalho experimental, investigar o percurso de raios paralelos que incidem em lentes convergentes e divergentes.

8.2.5 Reflexão da Luz

A reflexão da luz pelos objectos é o mecanismo importante para a explicação do mecanismo de visão, sendo indispensável compreender que a luz se transmite desde a fonte

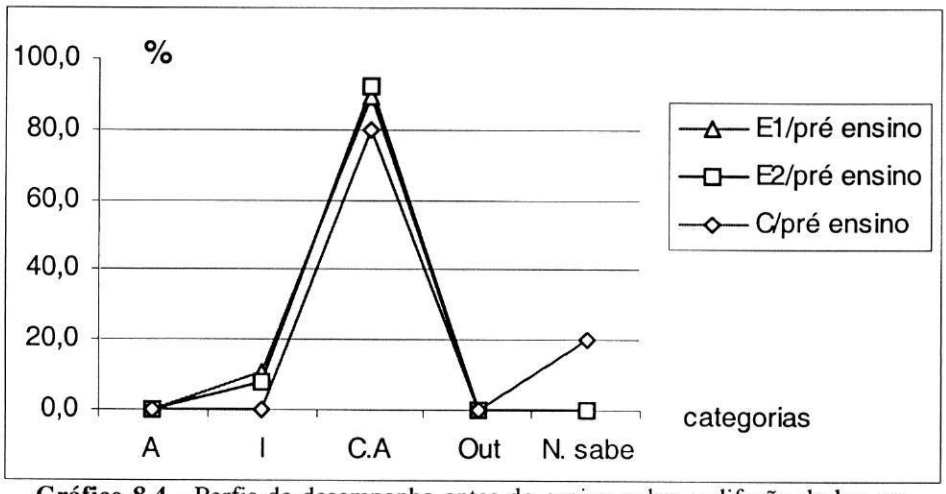


Gráfico 8.4 - Perfis de desempenho antes do ensino sobre a difusão da luz em pequenas partículas.

até aos objectos onde é reflectida, sendo ainda muito importante distinguir entre a reflexão especular, na qual um feixe de luz se reflecte numa única direcção e a reflexão difusa em que a luz se espalha em todas as direcções.

Para identificar os esquemas conceptuais dos alunos, foi proposta uma questão subdividida em três alíneas: na primeira, um pequeno feixe de luz incidia obliquamente num espelho colocado no interior de uma sala cujas paredes estavam pintadas de preto, questionando-se os alunos se se via ou não a luz que entrava pelo orifício; na segunda, o espelho estava colocado em frente ao orifício por onde entrava a luz, de modo que esta incidisse perpendicularmente, estando as paredes da sala pintadas de branco e pedia-se para explicar se uma pessoa no interior da sala veria uma cadeira encostada na outra parede da sala e, na terceira, era colocada a mesma questão depois de retirado o espelho da sala pintada de branco.

A percentagem de concepções alternativas é muito elevada, aproximadamente 90% em todas as turmas, afirmando que se via a luz no interior da sala. Para uma grande parte dos alunos é vista porque se reflecte no espelho, ao afirmarem:

"Sim, porque a luz bate no espelho".

"Sim, porque a luz não vai em linha recta e o espelho capta sempre a luz".

"Sim, porque a luz reflecte-se para todo o lado".

"Sim, porque a luz bate no espelho vem para trás e bate na Rita".

"Pode, porque está tudo escuro e um bocado pequeno de luz dá para reflectir no espelho".

Outros alunos afirmam que a luz pode ser vista, porque a sala está às escuras e as paredes são negras:

"Sim, porque a luz propaga-se no escuro".

"Sim, porque ao entrar um feixe de luz que bate na parede e como esta é preta, faz com que a Rita veja o feixe de luz".

"Sim, porque sendo as paredes da sala pretas, é mais fácil ver-se a luz".

Porém, alguns alunos, ainda que não justifiquem completamente a sua ideia, estão muito próximos da concepção científica:

"Não, porque não há pó nem fumo".

"Não, porque as paredes são negras e como a luz é incolor não se pode ver a luz".

"Não, porque a entrada de luz é tão rápida que sem pó ou fumo é impossível ver a luz".

Apesar de os alunos já estarem familiarizados com os feixes de luz que atravessam as frestas das janelas com persianas, quando há pó em suspensão, não conseguem fazer uma associação do que conhecem na prática com a questão que lhes é proposta e muito menos entender que o feixe apenas pode ser observado quando atravessa uma região com partículas em suspensão, devido à reflexão difusa da luz naquelas partículas.

Em relação à questão se a Rita observa uma cadeira colocada na sala, quando um feixe de luz, que atravessa uma janela muito pequena, incide perpendicularmente num espelho, o perfil das respostas, como se pode verificar no gráfico 8.5, é semelhante em todas as turmas, sendo as concepções alternativas inferiores na turma de controlo, compensadas pelo número de alunos que não responderam. Muitos alunos afirmam que a Rita consegue ver a cadeira,

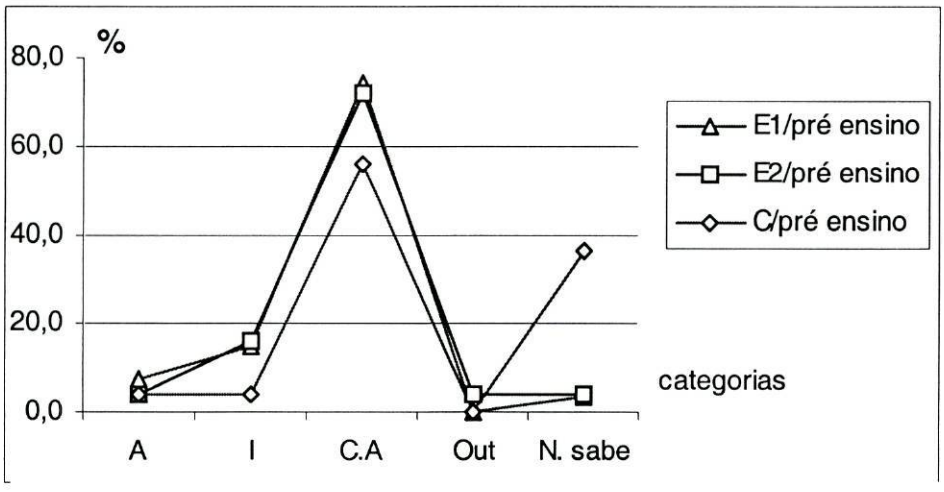


Gráfico 8.5 - Perfis de desempenho antes do ensino sobre a reflexão especular de um feixe que incide perpendicularmente numa superfície espelhada.

apresentando as mais variadas justificações:

"Sim, porque a luz bate directamente no espelho, faz clarão onde se pode ver a cadeira".

"Sim, porque a luz ao bater no espelho vai-se espalhar por toda a sala".

"Pode, porque a luz está a bater no espelho perpendicularmente a luz não a impede de ver a cadeira".

"Sim, porque a luz é transparente e dá para ver a cadeira".

O esquema conceptual criado pelos alunos que deram estas últimas respostas dá a entender que a luz é a causa que pode impedir a visão *"não impede de ver a cadeira ou pode ver a cadeira porque a luz é transparente"*. Esta concepção está também interiorizada num aluno que afirma não ser possível ver a cadeira: *"não, porque o raio de luz ao bater no espelho volta para a janela, e esse raio tapa a nossa visão para o outro lado".*

Para além destes, outros também afirmam que não é possível ver a cadeira, no entanto as suas explicações estão muito afastadas das concepções cientificamente aceites:

"Não, porque a luz ao ser projectada no espelho aumenta a porção de luz e como fica muito forte não dá para ver nada".

"Não, pois a luz é muito intensa e o vidro atrai a luz, mas as radiações de luz são muito fortes o que não permite a visualização da cadeira".

Respostas como estas procuram explicar o processo de encandeamento provocado pelos faróis dos automóveis. Há, porém, algumas respostas cientificamente aceites, ou muito próximas do conceito científico:

"Não, porque a luz não se reflecte para todos os lados só perpendicularmente".

"Não, porque a luz é reflectida com o mesmo ângulo, ou seja sai pela janela".

O objectivo da terceira questão era confirmar as concepções alternativas sobre a importância da reflexão no mecanismo de visão, bem como a lógica do seu esquema conceptual. Comparando os perfis dos gráficos 8.5 e 8.6, pode constatar-se que eles são muito

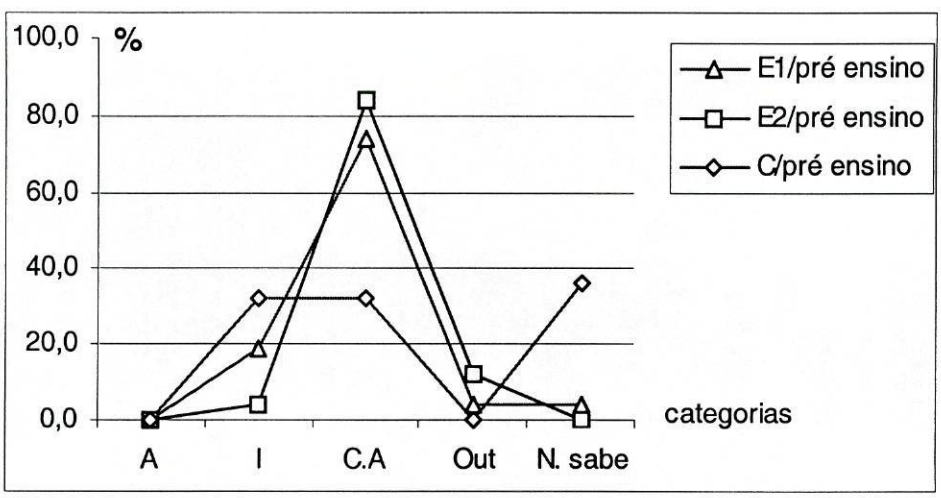


Gráfico 8.6 - Perfis de desempenho antes do ensino sobre a reflexão numa superfície não espelhada.

idênticos, com excepção da turma de controlo com menor número de respostas na categoria das concepções alternativas; compensadas, porém, com aquelas incluídas na categoria "não sabe não responde". As suas respostas são coerentes com o esquema conceptual construído:

"Não, porque a luz não tem para onde reflectir devido ao branco da parede absorver toda a luz".

"Não, porque não há o clarão do espelho".

"Não, porque a luz só bate naquele ponto".

"Não, porque não há reflexão e a luz não ilumina uma área suficiente para ver a cadeira".

"Não, porque as paredes são brancas".

"Não, pois a luz do Sol entrava na sala e não batia no espelho, assim a luz não fazia tanta claridade, pois quando estava lá o espelho, a luz do Sol entrava, batia no espelho e depois reflectia-se o que não acontece sem o espelho".

"Não, porque a luz do Sol bate na parede e como é branca absorve a luz e por isso a luz não se reflecte".

Muitas das explicações, para ver a cadeira, estão de acordo com as explicações na questão anterior para não ver a cadeira:

"Sim, porque a luz ao reflectir na parede, reflecte com pouca intensidade e a Rita vê o outro lado da sala".

"Eu acho que sim, visto que já lá não estava o espelho para reflectir a luz, esta vai ser absorvida pela parede o que permite à Rita ver a cadeira".

"Sim, porque o vidro atrai a luz e é mais fácil ver a cadeira do que se lá estivesse o espelho".

"Sim, porque a cadeira ficava mais clara".

Os alunos, que na questão anterior deram resposta de acordo ou muito próximo da concepção cientificamente aceite, confirmaram o seu esquema cognitivo nesta questão:

"Sim, porque a luz espalha-se por toda a sala".

"Veria, porque a luz ao bater na parede é reflectida para todo o lado".

"sim, porque o branco espalha a luz".

Pelo perfil das respostas a estas três questões, é necessária muita atenção pelo professor para ajudar os alunos a alterar os seus esquemas cognitivos, em relação à reflexão especular e difusa, pois é de primordial importância, para se entender o mecanismo de visão.

8.2.6 Refracção da luz

Todos os alunos frequentaram rios ou piscinas e observaram objectos colocados dentro de água e apesar de a maior parte deles lhe parecer que os objectos estão mais próximos da superfície ou que a profundidade é menor (resposta A), um número significativo de alunos afirma que não sofre alteração (resposta B) e a outros ainda lhes parece que os objectos estão mais afastados e que a profundidade é superior (resposta C), conforme se ilustra no gráfico 8.7.

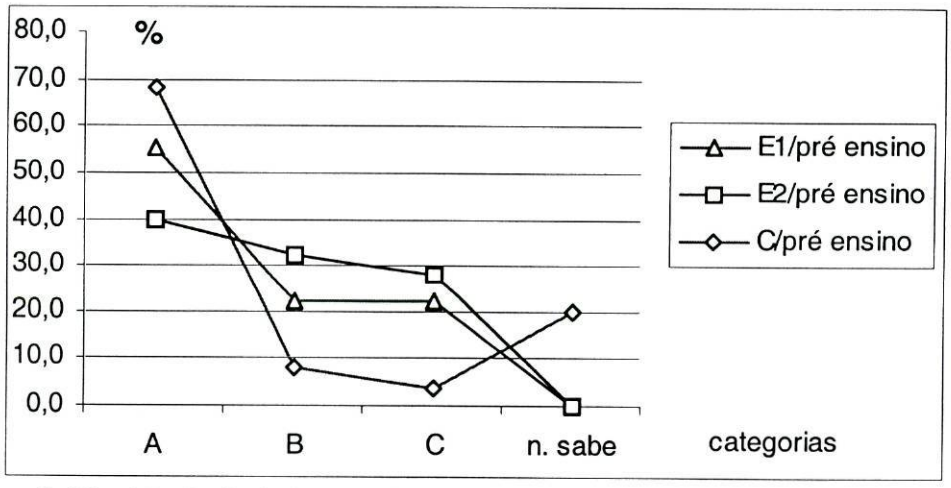


Gráfico 8.7 - Perfis de desempenho antes do ensino sobre a refracção da luz.

8.2.7 Mecanismo de visão

Praticamente todos os alunos têm concepções alternativas sobre o mecanismo de visão.

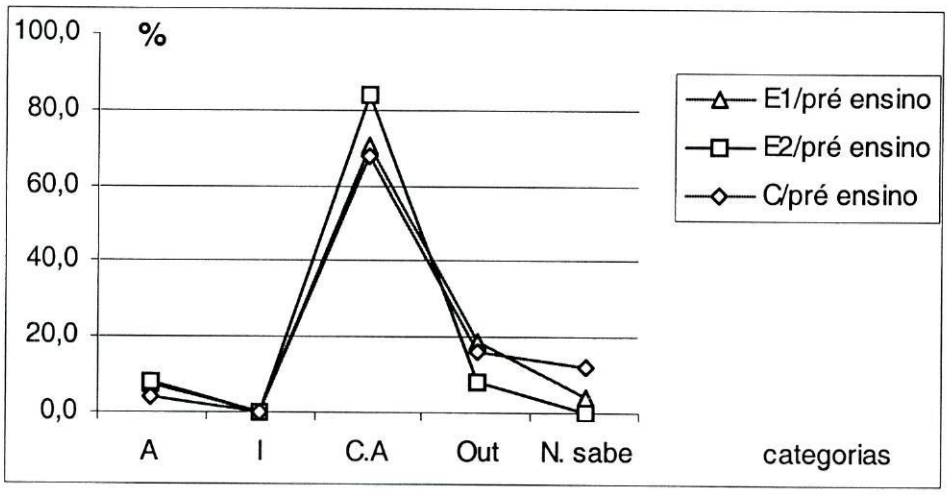


Gráfico 8.8 - Perfis de desempenho antes do ensino sobre o mecanismo de visão.

Aquelas respostas, que não se enquadram nesta categoria, devem-se ao facto de os alunos não responderem ou se limitarem a desenhar novamente o livro, sendo estas respostas incluídas na categoria de outras, com excepção de uma pequena percentagem cujo esquema cognitivo está de acordo com o conceito científico.

São muito diversificados os esquemas com que os alunos pretendem explicar o

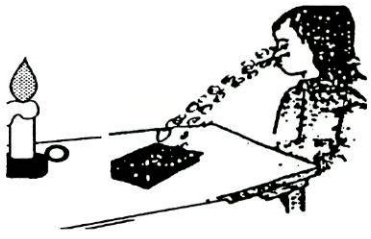


Figura 8.1 - Partículas entre os olhos e os objectos.

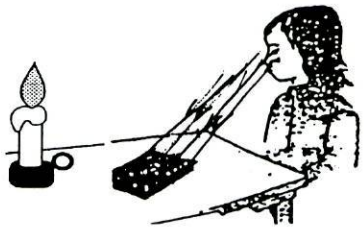


Figura 8.2 - Os olhos lançam raios em direcção aos objectos.

mecanismo de visão. Para alguns deles, como os constantes nas figuras 8.1 e 8.2, a luz não participa na visão, apenas os olhos lançam raios ou partículas em direcção aos objectos, teoria esta que está de acordo com a teoria de Aristóteles , apesar deste defender que a luz também participa na visão.

A maior parte dos alunos, porém, está de acordo que a luz é indispensável para ver os objectos, no entanto esta apenas intervém para os iluminar (figuras 8.3 e 8.4).

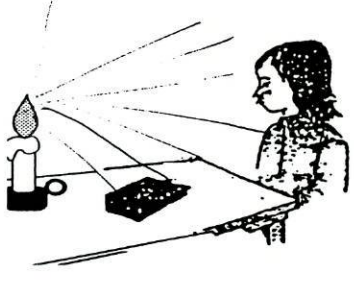


Figura 8.4 - Objecto iluminado, a luz é representada por raios luminosos.



Figura 8.5 - Objecto iluminado, a luz é representada por ondas.

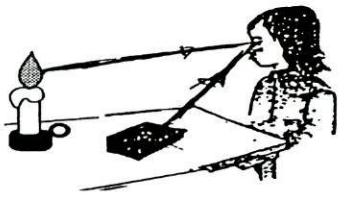


Figura 8.6 - O olho recebe a luz da fonte de luz e do objecto.

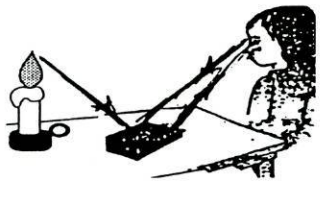


Figura 8.7 - A luz da fonte luminosa é reflectida pelo objecto antes de entrar no olho, porém este envia um raio para detectar o objecto.

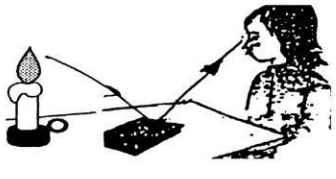


Figura 8.8 - Mecanismo de visão cientificamente aceite.

Alguns alunos concebem que a luz e os olhos participam no mecanismo de visão. Para os alunos cujas respostas estão ilustradas na figura 8.6, o olho recebe a luz não só do objecto, mas também da fonte luminosa, não esclarecendo, porém, de onde provém a luz que parte do objecto. Uma variante é ilustrada na figura 8.7, a luz que incide no objecto, é reflectida em direcção olho, o qual também lança raios a fim de detectar o objecto.

Apenas uma percentagem muito pequena em cada uma das turmas propôs um mecanismo de visão cientificamente correcto, no qual a luz proveniente da fonte é reflectida no objecto e recebida nos olhos (figura 8.8).

A grande dificuldade de os alunos interpretarem o mecanismo de visão está relacionada com a formação de imagens obtidas através das lentes e da dificuldade em reconhecerem que os objectos também reflectem a luz e que esta tem que incidir nos olhos, para se formar a sua imagem na retina.

8.3 Avaliação da eficácia da alteração conceptual através do trabalho experimental

8.3.1 Comparação das categorias das respostas antes e após o ensino

Da mesma forma, que para o som e a audição, para avaliar a eficácia da estratégia utilizada, no teste avaliação comum às três turmas, foram incluídas as questões do pré - teste, sendo, no entanto, algumas delas reformuladas. Para melhor serem identificadas, são os conceitos indicados na tabela 8.5.

Questões		Conceitos analisados nas fichas pré e pós ensino
Pré ensino	Pós ensino	
1	1	Até onde se propaga a luz dos faróis de um automóvel numa estrada rectilínea.
2	2	Relação entre a distância percorrida pela luz de uma lanterna num dia de sol e numa noite sem luar.
4	3	Cor dos objectos.
6	4	Como funciona uma lente convergente.
7.1	6.1	Pode ver-se um feixe luminoso que entra por uma pequena janela numa sala não iluminada e com paredes pintadas de preto?
7.2	6.2	Reflexão especular. Pode ver-se um objecto colocado no canto de uma sala, com paredes brancas, quando um feixe estreito de luz entra por uma pequena abertura e incide perpendicularmente num espelho plano colocado na parede oposta?
7.3	6.3	Reflexão difusa Pode ver-se um objecto colocado no canto de uma sala, com paredes brancas, quando um feixe estreito de luz entra por uma pequena abertura e incide perpendicularmente na parede oposta?
8	7.1	Profundidade aparente de uma tina com água.
Não incluída	7.2	Refracção e mecanismo de visão. Traçar os raios luminosos entre a moeda e o olho do observador.
9	8	Mecanismo de visão.

Tabela 8.5 - Alguns conceitos abordados nas fichas pré e pós ensino de luz e visão.

8.3.1.1 Até onde se propaga a luz dos faróis de um automóvel numa estrada rectilínea

Para a resposta a esta questão ser incluída na categoria de aceite, os alunos deveriam responder que há luz até à secção IV. O gráfico da figura traduz uma evolução dos conceitos

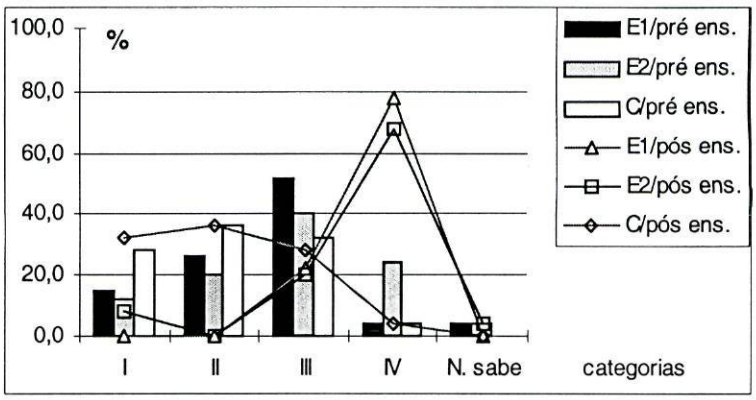


Figura 8.9 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, "até onde se propaga a luz".

nas turmas experimentais, enquanto que na turma de controlo não houve qualquer evolução.

Na justificação das opções, todos os alunos, que responderam secção I, afirmam que os faróis só iluminam esta secção, associando a luz apenas à iluminação, enquanto que os que respondem que a luz chega até à secção II alegam que os faróis não têm capacidade para iluminar para além dos 200 m. Em relação aos alunos que afirmam que a luz apenas chega à secção III, as justificações variam de turma para turma. Na turma de controlo, a maior parte refere que os faróis já não têm capacidade para iluminar a secção IV e ainda iluminam a secção III com uma luz muito fraquinha. Aqueles que respondem que há luz na secção IV justificam a sua afirmação com o facto de o peão ver a luz. Porém, os alunos da turma E1 afirmam que ainda há luz para além desta secção, porque a luz viaja sempre até encontrar uma barreira onde é reflectida ou absorvida. No entanto, dois alunos dessa turma afirmam que a luz encontra o peão e, atrás dele, apenas se vê a sua sombra. Este tipo de respostas poderá ter como causa as experiências com o laser, apesar de terem realizado um trabalho sobre a sombra dos objectos utilizando uma lâmpada de incandescência.

8.3.1.2 Relação entre a distância percorrida pela luz de uma lanterna num dia de sol e numa noite sem luar

Nesta questão foram consideradas como incompletas as respostas que apenas referiam que a distância percorrida é igual nas duas situações, sem apresentarem qualquer justificação.

Da análise do gráfico 8.10, conclui-se uma evolução acentuada na categoria de respostas aceites das turmas experimentais e uma diminuição das concepções alternativas, enquanto que na turma de controlo, apesar de aumentar o número de respostas aceites e a diminuição das

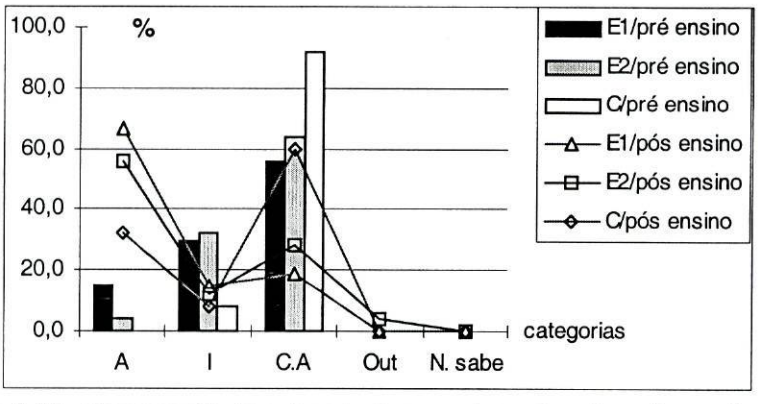


Gráfico 8.10 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, sobre a relação da distância percorrida pela luz de uma lanterna de noite e durante o dia.

concepções alternativas, a percentagem de alunos com concepções alternativas ainda é muito elevada.

8.3.1.3 Cor dos objectos

Sendo a cor um fenómeno, que desde sempre fascinou o homem, procurou-se não só identificar as concepções alternativas antes do ensino, mas, sobretudo, como é que estas evoluíram após o ensino. Porém, as questões colocadas após o ensino foram reformuladas em relação ao pré ensino. Enquanto que na ficha do pré ensino se pedia para identificarem a cor de diversas peças de roupa, quando iluminadas por focos de luz vermelha, verde ou azul, no pós - teste, os objectos eram iluminados por uma luz branca que atravessava um filtro azul, amarelo ou vermelho, aumentando assim o grau de dificuldade, pois é necessário entender o conceito de subtracção das cores, principalmente com o filtro amarelo, por apenas subtrair a radiação azul.

Na ficha do pós - teste, era também solicitado aos alunos para esquematizar, com raios verde, vermelho e azul, o percurso desses raios, entre a fonte de luz branca e o objecto, com um filtro vermelho colocado entre eles.

Da análise do gráfico 8.11, verifica-se um número elevado de alunos das turmas experimentais que respondem que o filtro vermelho subtrai as luzes verde e azul transmitindo

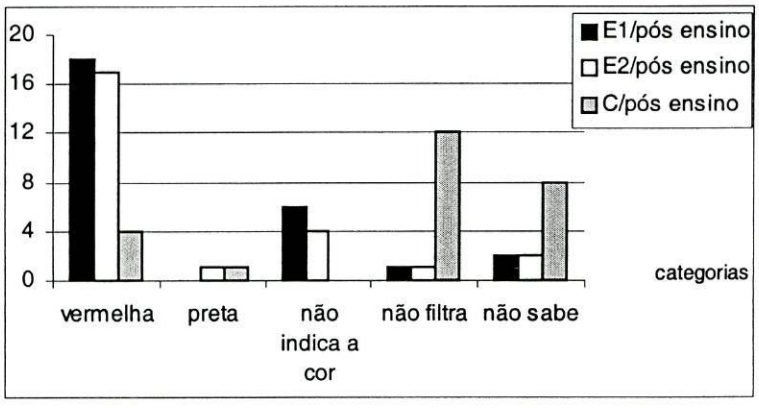


Gráfico 8.11 - Número de alunos e categorias de respostas sobre a transmissão da luz por um filtro vermelho, após o ensino.

a luz vermelha, enquanto que, na turma de controlo, para a maior parte dos alunos o filtro não subtrai qualquer cor, havendo ainda um elevado número de alunos que não respondem ou não sabem.

As previsões e explicações dos alunos permitiram identificar as concepções cientificamente aceites ou alternativas, destacando-se dentre estas últimas as seguintes:

A cor da luz mistura-se com a cor dos objectos para dar outra cor.

A luz pinta os objectos e estes apresentam a cor da luz com que são iluminados.

A luz não altera a cor dos objectos. A sua cor é independente da cor da luz que neles incide.

Para não sobrecarregar a tese com muitos gráficos (referentes a cada objecto e a cada foco), optou-se por fazer uma média da percentagem de respostas em cada categoria, incluindo-se em anexo todas as tabelas.

Como se referiu anteriormente, as questões no pós - teste sobre este conceito têm um grau de dificuldade superior, por incluírem simultaneamente o conceito de cor e a utilização de filtros. Por outro lado, para se fazer uma comparação das diferentes categorias nos dois momentos, apenas se incluíram, no gráfico 8.12, as respostas à cor dos objectos, quando iluminados por um foco azul e a cor da saia, quando iluminada por um foco vermelho, por terem alguma semelhança com as questões colocadas no pós - teste.

Pela análise do referido gráfico, podemos constatar que apesar de vivermos num mundo colorido, a cor é um conceito difícil, possuindo os alunos concepções alternativas muito difíceis de erradicar. Apesar disso, verifica-se uma evolução nas turmas experimentais,

contrariamente à turma de controlo, onde a evolução é pouco nítida. Esta poderá ter, como causa, a dificuldade desses alunos compreenderem o mecanismo de subtracção das cores pelos filtros de luz.

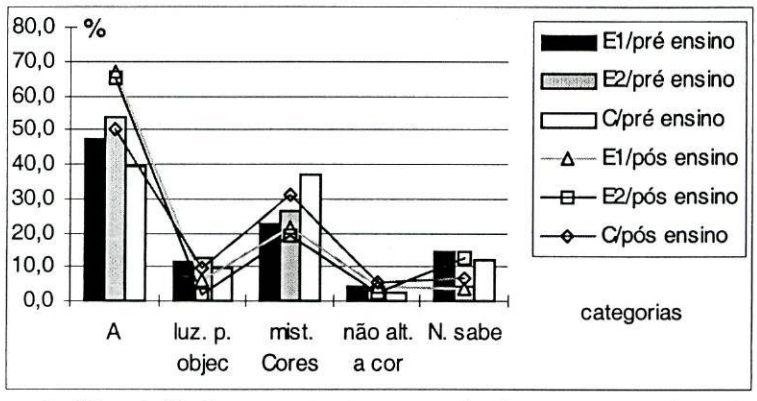


Gráfico 8.12 Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, sobre a relação entre a luz e a cor dos objectos.

8.3.1.4 Princípio de funcionamento de uma lente convergente

Todos os anos assistimos ao flagelo dos fogos florestais, alguns deles de origem criminosa, outros causados por negligência e ainda outros (em menor número) provocados por materiais que funcionam como lentes convergentes.

Com a questão colocada aos alunos no pré e no pós - teste, pretendia-se que estes relacionassem a combustão do fósforo com a convergência dos raios solares no foco da lente.

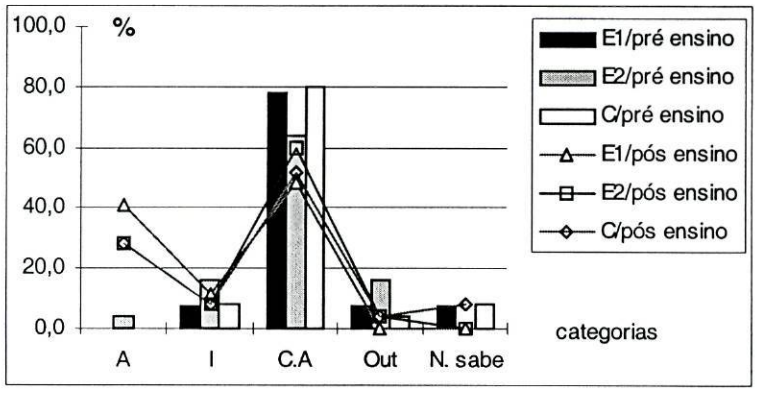


Gráfico 8.13 Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, sobre as lentes convergentes.

O gráfico 8.13 traduz a percentagem das categorias de respostas no pré e pós ensino, verificando-se que, apesar da evolução da categoria de respostas aceites, a percentagem de alunos com concepções alternativas ainda é superior, não obstante praticamente todos os

alunos das turmas experimentais referirem que a lente é convergente e um número elevado afirmar que o fósforo deve ser colocado no foco da lente, contrariamente à turma de controlo, em que apenas 40% afirmam que a lente é convergente, 35 % divergente e 25% não sabem ou não respondem. Das respostas dadas pelos alunos das turmas experimentais, conclui-se que, apesar de estes terem verificado experimentalmente o percurso dos raios que incidem em diversos meios ópticos, não conseguem associar a convergência dos raios num ponto, o aumento da energia térmica nesse ponto, possivelmente ligado à falta dos conceitos de termodinâmica e de energia.

8.3.1.5 Um feixe de luz que entra numa sala

Foram colocadas três questões, com o objectivo de testar os seguintes conceitos:

Mecanismo de visão, difusão da luz por pequenas partículas, reflexão especular e difusa, absorção da luz pelas paredes pretas e um feixe de luz não preenche todo o espaço.

Na primeira questão, pretendia-se conhecer as ideias dos alunos sobre a difusão da luz em partículas pequenas e a absorção nas paredes pretas. Apenas foram consideradas como aceites as respostas que afirmavam que a Rita não poderia ver a luz, porque não havendo pó nem fumo na sala, esta no seu percurso não sofria difusão e, ao incidir no espelho não era

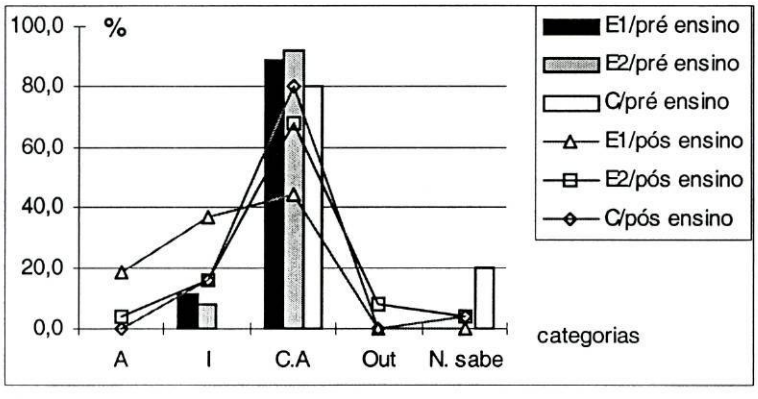


Gráfico 8.14 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, sobre o percurso de um feixe de luz numa sala com paredes pretas.

reflectida em direcção à Rita, mas sim em direcção à parede preta, onde era absorvida. As respostas cuja justificação apenas incluía um destes elementos, ou se limitavam a dizer não, foram incluídas na categoria de incompletas.

A partir do gráfico 8.14, podemos concluir que a categoria de respostas aceites e incompletas são superiores em E1. Em E2, o número de respostas aceites é muito baixo e, apesar de as respostas incluídas na categoria das concepções alternativas ainda serem elevadas, houve um decréscimo desta categoria em relação ao pré ensino. A turma de controlo não teve qualquer evolução, não só porque nenhum aluno deu uma resposta que possa ser incluída na categoria das aceites, como as incluídas na categoria das incompletas se limitaram a afirmar que não pode.

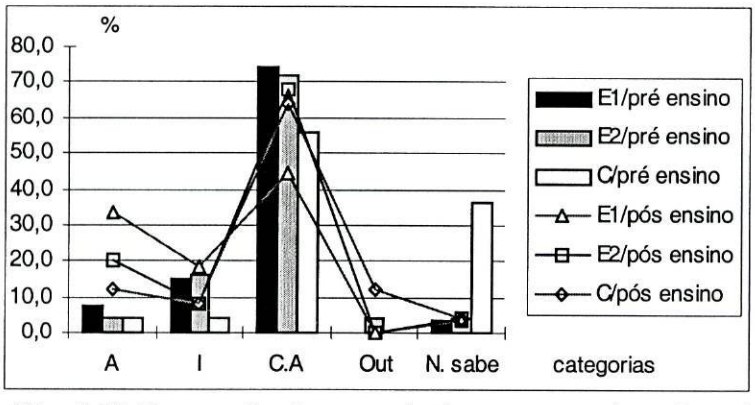


Gráfico 8.14 Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, sobre o percurso de um feixe que incide perpendicularmente num espelho.

Com a segunda questão, pretendia-se que os alunos reconhecessem que, quando um feixe de luz incide perpendicularmente a um espelho plano, o feixe é reflectido na mesma direcção, não sendo possível ver a cadeira . Comparando a categoria de respostas no gráfico 8.14, confirma-se que as ideias alternativas dos alunos ainda estão muito interiorizadas, sendo difícil para o professor alterar a situação.

Na terceira questão, pretendia-se que os alunos reconhecessem que a luz, ao incidir na parede branca, sofre uma reflexão difusa e que aquela, que incide na cadeira, é igualmente reflectida de forma difusa por toda a sala, permitindo à Rita ver a cadeira por alguma luz proveniente desta entrar nos seus olhos.

Pela análise do gráfico 8.15, verifica-se um aumento significativo das respostas aceites e uma diminuição também significativa das concepções alternativas em E1. Em E2 há também um aumento das respostas aceites e uma diminuição das concepções alternativas, ainda que menos significativos do que em E1. Na turma de controlo, o número de respostas aceites apenas atinge os 12%, enquanto que as alternativas ainda são de 68%. Contudo, o número de respostas, na categoria de não sabe não responde, diminuiu significativamente.

Interpretando simultaneamente os três gráficos, podemos concluir que os alunos têm muita dificuldade em construir esquemas cognitivos que envolvam vários conceitos, sendo no entanto os resultados melhores em E1, seguindo-se E2 e por último em C, em que a evolução foi muito inferior.

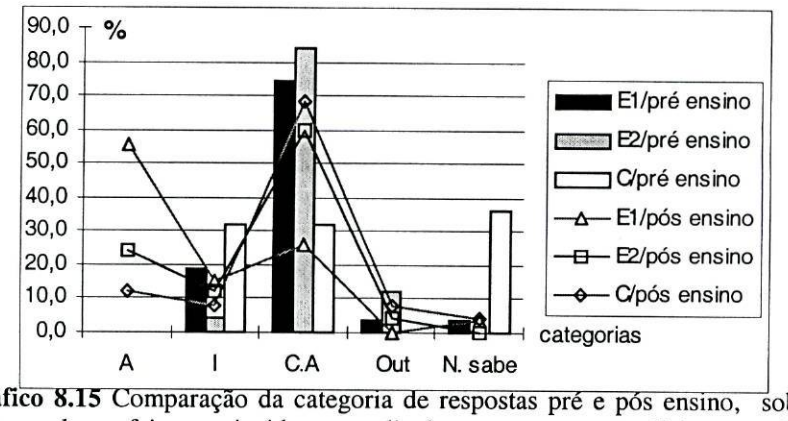


Gráfico 8.15 Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, sobre o percurso de um feixe que incide perpendicularmente numa superfície não polida.

8.3.1.6 Profundidade aparente do fundo de uma tina com água

No pré e no pós ensino, foi apresentada uma tina com água, no fundo da qual se colocou uma moeda, apresentando-se ao lado três tinas que podiam representar o modo como um observador via o fundo da tina " menor profundidade, tina A, igual profundidade, tina B e maior profundidade, tina C"; porém, na ficha pós ensino, era também pedido aos alunos que traçassem os raios desde a moeda até ao olho do observador, por forma a confirmar se as suas respostas eram ou não fundamentadas, aceitando-se como correctas as respostas que não tinham em conta o desvio lateral.

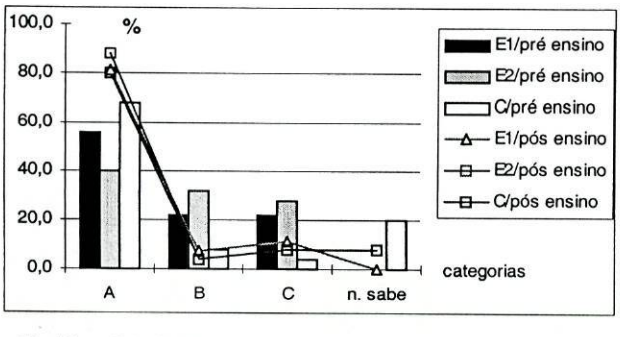


Gráfico 8.16 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, sobre a profundidade aparente de uma tina com água

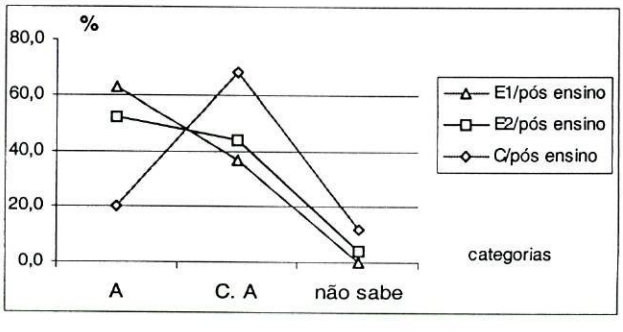


Gráfico 8.17 - Comparação da categoria de respostas pós ensino, sobre o percurso dos raios luminosos desde a moeda até ao olho do observador.

Analisando o gráfico 8.16, constata-se que não há uma diferença significativa na evolução das três turmas, porém, quando os alunos traçam o diagrama do percurso dos raios, a percentagem de respostas aceites é inferior em todas as turmas (gráfico 8.17), sendo essa diferença menor em E1 e superior em C, podendo concluir-se que alguns alunos, apesar de reconhecerem menor profundidade aparente de uma piscina, esse conhecimento não tem qualquer suporte científico.

Nos diagramas alternativos mais comuns representados pelos alunos, os raios não sofriam qualquer desvio ao atravessar a superfície de separação água / ar, ou mudando de direcção partiam do olho do observador até atingirem a moeda.

8.3.1.7 Mecanismo de visão

Os esquemas cognitivos construídos pelos alunos estão muito arreigados e, por conseguinte, são muito difíceis de substituir. O gráfico (8.18) traduz essa realidade, pois apesar do aumento das respostas na categoria de aceites, a percentagem de ideias alternativas ainda é muito elevada. Fazendo a análise turma a turma, constata-se uma maior evolução em E1 (59,3%), seguida de E2 (44%), enquanto na turma de controlo apenas atingiu os 32%.

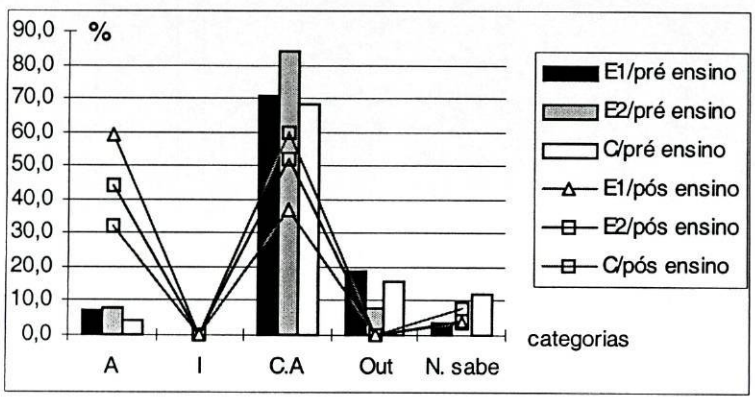


Gráfico 8.18 - Comparação da categoria de respostas pré e pós ensino, sobre o mecanismo de visão.

CAPÍTULO IX

CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES DO TRABALHO EXPERIMENTAL NO PROCESSO ENSINO - APRENDIZAGEM

9.1 Introdução

Neste capítulo, pretende-se apresentar as conclusões do estudo realizado e referir algumas implicações do trabalho experimental na mudança conceptual no processo ensino – aprendizagem.

É hoje inquestionável que os alunos são os primeiros responsáveis na construção do seu próprio conhecimento e têm um papel activo no processo de ensino – aprendizagem. Perante esta nova realidade, também o papel do professor sofreu profundas alterações. Deve abandonar o ensino tradicional, improdutivo e inconsequente e perspectivá-lo para o futuro, deixando de ser um mero transmissor de informação, assumindo cada vez mais um papel de moderador e facilitador do processo de ensino aprendizagem. Compete-lhe reconhecer que as ideias prévias dos alunos não são um obstáculo à aprendizagem, pelo contrário, elas servem de ancoragem à evolução dos conceitos se forem expostas, discutidas e analisadas livremente por todos os intervenientes. Para a confrontação das ideias prévias e a interiorização dos conceitos científicos, devem ser utilizadas estratégias diversificadas, de entre as quais se destacam: o trabalho experimental, a resolução de problemas, o confronto com a opinião dos colegas, a simulação por computador, etc..

Nesta investigação, são possíveis vários tipos de análise e temos consciência de que aquilo que ficou por fazer é sempre mais do que aquilo que se fez, porém é caminho e um incentivo para que no futuro, partindo desta base, se introduzam alterações por forma a melhorar a eficácia de algumas actividades. Contudo, apesar de algumas previsões não confirmadas e metas menos conseguidas, parece-me que a estratégia utilizada contribuiu para os alunos alterarem o seu modo de estar perante a Física que, à partida, consideram como uma área difícil e a evitar a todo o custo, não obstante de, apenas no 8º ano do ensino básico, se depararem pela primeira vez com os conceitos da Física e, apesar de desde muito novos, construírem os esquemas cognitivos que lhes permitem explicar os fenómenos com que se deparam no dia a dia.

Teorias da aprendizagem têm vindo a mostrar que a observação e a experimentação são cada vez mais importantes no processo de ensino – aprendizagem. Foi, porém, no decorrer das estratégias que melhor nos apercebemos, não só da importância para este processo, mas

também da sua importância para os alunos, que ao sentirem-se motivados, se empenharam nas tarefas que lhes foram propostas. Para além da aquisição de destrezas laboratoriais, permitiu-lhes explorar, desenvolver e modificar as ideias pré - concebidas, incentivando-os a repensar e a reelaborar novas ideias mais próximas das concepções científicas.

No desenvolvimento das estratégias, tivemos em conta as limitações de tempo. Procurou-se responsabilizar os alunos na condução do processo, elegendo, em cada um dos grupos, um coordenador, que, por sua vez, distribuía as tarefas por todos os elementos do grupo.

Nas aulas desdobradas, os grupos de trabalho eram mais pequenos "4 a 5 alunos", cabendo a estes a maior parte das tarefas, limitando-se o professor a orientar, a verificar se os alunos discutiam os resultados e os confrontavam com as hipóteses iniciais e a colocar algumas questões, de modo a verificar até que ponto era feita a ligação entre os resultados e a teoria.

Nas aulas não desdobradas, os grupos de trabalho eram maiores, cabendo aqui ao professor um papel mais interventivo, ou mesmo, fazendo ele próprio as demonstrações. Porém, tanto no trabalho realizado pelos alunos, como nas demonstrações, procurou-se sempre que estes expusessem as suas ideias, formulando hipóteses, observando, analisando, tirando conclusões e sobretudo relacionando a prática com a teoria, de modo a reformular ideias, e construir esquemas cognitivos mais próximos dos cientificamente aceites.

Como anteriormente se referiu, estas estratégias foram implementadas em duas turmas do 8º ano da Escola Secundária Camilo Castelo Branco, uma delas designada por E1, com 27 alunos, da qual sou professor, outra turma com 25 alunos, designada por E2, cuja professora ainda é estagiária e que acompanhei de muito perto por ser seu orientador, enquanto que à turma de controlo designada por C, também com 25 alunos, da mesma escola, foram aplicadas estratégias mais tradicionais. Não foi integrada neste estudo qualquer turma de outra escola, em virtude de nas outras escolas da região se ter iniciado o 8º ano pela componente de Química.

9.2 Síntese das conclusões da investigação

Ao longo dos dois capítulos anteriores, apresentaram-se e analisaram-se os resultados da investigação que nos permitem tirar algumas conclusões:

1 – Antes do ensino, todas as turmas envolvidas no estudo apresentavam baixas percentagens de respostas aceites e uma elevada percentagem de concepções alternativas em relação aos assuntos abordados nos dois pré - testes. Para além disso, o conjunto de concepções alternativas nos diferentes tópicos eram muito semelhantes nas três turmas (controlo e experimentais) e também muito semelhantes às inventariadas por diversos investigadores.

2 – Comparando os resultados do pré - ensino com os resultados do pós - ensino, verificou-se nas três turmas, como era de esperar, uma progressão evidenciada pelo aumento do número de respostas aceites e incompletas e uma diminuição das respostas incluídas na categoria das concepções alternativas. No entanto, nas turmas em que se implementou a estratégia de mudança conceptual, através do ensino experimental, verificou-se que E1 teve uma maior evolução do que E2, porém, ambas as turmas tiveram maior evolução que a turma em que foi implementado o ensino "tradicional".

3 – Da análise da categoria de respostas nas turmas E1 e E2, verifica-se que algumas concepções alternativas estão muito interiorizadas pelos alunos e são de difícil alteração, uma vez que, apesar da diminuição dessa categoria de respostas, a sua percentagem ainda é muito elevada.

1	Como se produz e propaga o som
2	Como se podem representar as ondas sonoras
3.2	O som necessita de um meio de suporte para se propagar
4	Reflexão e refracção do som na superfície de separação água/ar
5.1	Selecção de um meio em que a velocidade do som é superior
5.2	Efeito de Doppler
6	O som não se propaga na Lua
7	Difracção
8.1	Explica o eco
8.2	Qual o motivo porque na sala de aula não se detecta o eco
10.1	Altura do som
10.2	Atributos do som

Tabela 9.1 - Caracterização das questões abordadas no som e audição

A tabela 9.1 caracteriza as questões abordadas no som e audição. Os gráficos 9.1 e 9.2 sintetizam a evolução das categorias de respostas cientificamente aceites e alternativas, antes e pós ensino do som e audição, podendo concluir-se que os alunos têm muita dificuldade em associar a reflexão e a refracção a uma situação concreta, continuando muitos deles a associar a aproximação ou o afastamento da fonte sonora em relação ao observador, questão (5.2) exclusivamente com o aumento ou a diminuição da sua intensidade, não o associando à

alteração da frequência ouvida pelo observador, dificuldade esta que se confirma na dificuldade de associarem a altura do som com a sua frequência, (questão 10.1). Têm também muita dificuldade em explicar porque é que não se detecta o eco no interior de uma sala de pequenas dimensões (questão 8.2), pois, apesar de reconhecerem que o eco resulta de reflexão do som numa barreira, muitos deles continuam a afirmar que este não se detecta, porque a sala

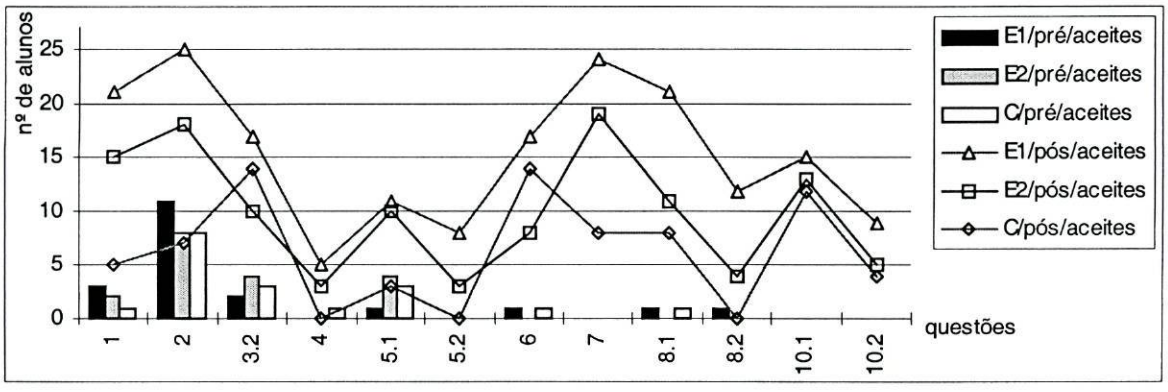


Gráfico 9.1 - Respostas incluídas na categoria de aceites, antes e depois do ensino do som e audição

está cheia de cadeiras e mesas.

Em relação à turma de controlo, verificou-se uma regressão ligeira na representação de como o som se propaga. Na questão em que se pedia aos alunos para representarem a difracção do som, através de pequenas aberturas (questão 7), verifica-se que no pré - teste nenhuma resposta foi considerada como aceite, porém, no pós - teste, as respostas nesta categoria são significativas, apesar daquelas incluídas nas concepções alternativas ainda serem muito elevadas, a diminuição das respostas incluídas nesta categoria é acentuada. Também na alteração da altura do som, quando uma fonte sonora se movimenta em relação a um observador, o número de respostas alternativas na turma de controlo não sofreu qualquer

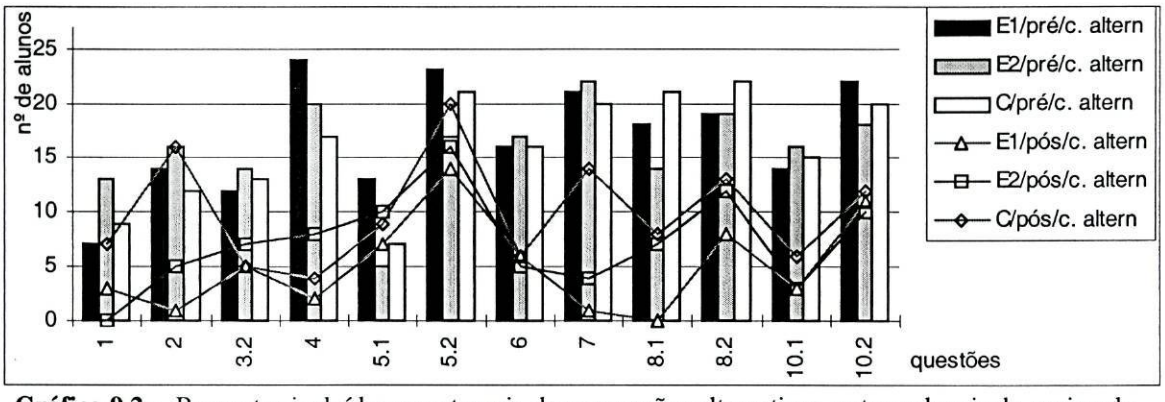


Gráfico 9.2 - Respostas incluídas na categoria de concepções alternativas, antes e depois do ensino do som e audição

alteração com o ensino, ainda que, como já se referiu, a evolução nas turmas experimentais também fosse pouco significativa.

Não obstante uma maior eficácia nas turmas em que se implementou a estratégia do trabalho experimental, verifica-se nas questões (3.2 e 6), qual o meio em que o som não se propaga e, consegue ouvir-se o som na Lua, o número de respostas incluídas na categoria de aceites na turma de controlo, é ligeiramente superior ao da turma E2.

Da mesma forma que para o Som e Audição inclui-se aqui, novamente, os conceitos abordados nas fichas de pré e pós ensino da Luz e Visão (tabela 9.2), de modo a permitir uma interpretação mais rápida dos gráficos 9.3 e 9.4.

1	Até onde se propaga a luz dos faróis de um automóvel numa estrada rectilínea
2	Relação entre a distância percorrida pela luz de uma lanterna num dia de sol e numa noite sem luar
3	Cor dos objectos
4	Como funciona uma lente convergente
6.1	Pode ver-se um feixe luminoso que entra por uma pequena janela numa sala não iluminada e com paredes pintadas de preto?
6.2	Pode ver-se um objecto colocado no canto de uma sala, com paredes brancas, quando um feixe estreito de luz, entra por uma pequena abertura e incide perpendicularmente num espelho plano colocado na parede oposta?
6.3	Pode ver-se um objecto colocado no canto de uma sala, com paredes brancas, quando um feixe estreito de luz, entra por uma pequena abertura e incide perpendicularmente na parede oposta?
7.1	Profundidade aparente de uma tina com água
7.2	Refracção e mecanismo de visão Traçar os raios luminosos entre a moeda e o olho do observador
8	Mecanismo de visão

Tabela 9.2 - Caracterização das questões abordadas na luz e visão

Também nesta unidade se verifica uma evolução muito positiva no número de alunos com respostas cientificamente aceites, em todos os assuntos abordados nas fichas de pré e pós - teste, com excepção da representação dos raios luminosos entre uma moeda no interior de uma tina com água e o olho do observador. Tal como no som e audição, também aqui o sucesso foi maior nas turmas experimentais que na turma de controlo.

Comparando o gráfico síntese do número de alunos com respostas na categoria de concepções alternativas, o número de alunos que associam luz à iluminação (questão 1) não teve alteração significativa na turma de controlo e diminuiu nas turmas experimentais, enquanto que o número de alunos que afirmam que a luz se propaga a uma maior distância de noite do que de dia (questão 2) ainda é muito elevado nessa turma, apesar desse número ser inferior ao do pré - teste.

Em relação ao número de alunos com respostas na categoria de concepções alternativas, nas questões que abordavam o conceito de um feixe de luz que incide num espelho colocado numa sala com paredes pintadas de preto (questão 6.1), na visão de uma cadeira colocada no interior de uma sala de paredes brancas, primeiro incidindo perpendicularmente num espelho, (questão 6.2) e depois incidindo directamente na parede (questão 6.3), conclui-se que o número de concepções alternativas ainda é muito elevado, sendo superior nas turmas E2 e controlo.

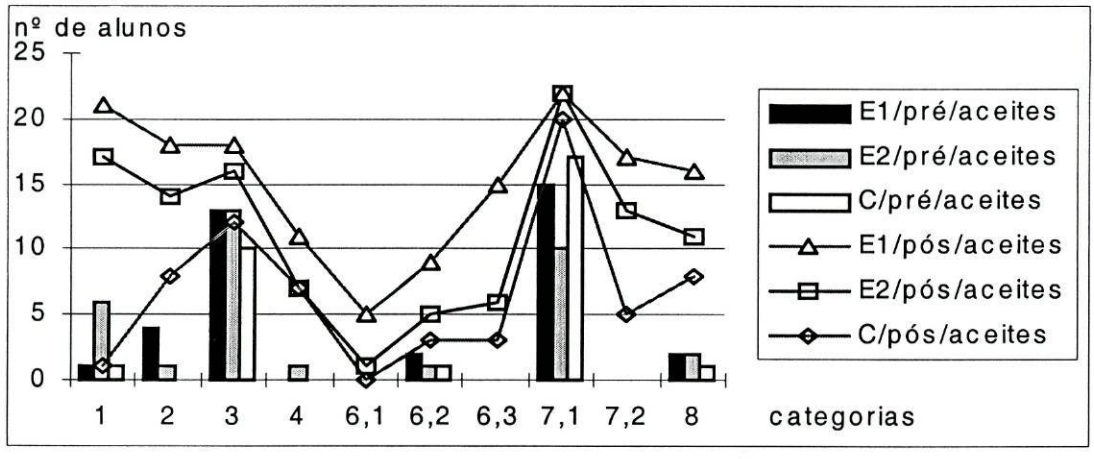


Gráfico 9.3 - Respostas incluídas na categoria de aceites, antes e depois do ensino da luz e visão

Quando um feixe de luz incide perpendicularmente num espelho, o número de alunos com resposta nesta categoria é maior na turma E2 que na de controlo, 17 e 16 alunos respectivamente, enquanto que, em relação à questão em que o feixe incide na parede, é ligeiramente superior na de controlo. No entanto, comparando o número de alunos com respostas aceites, pode concluir-se que o sucesso da turma de controlo foi menor.

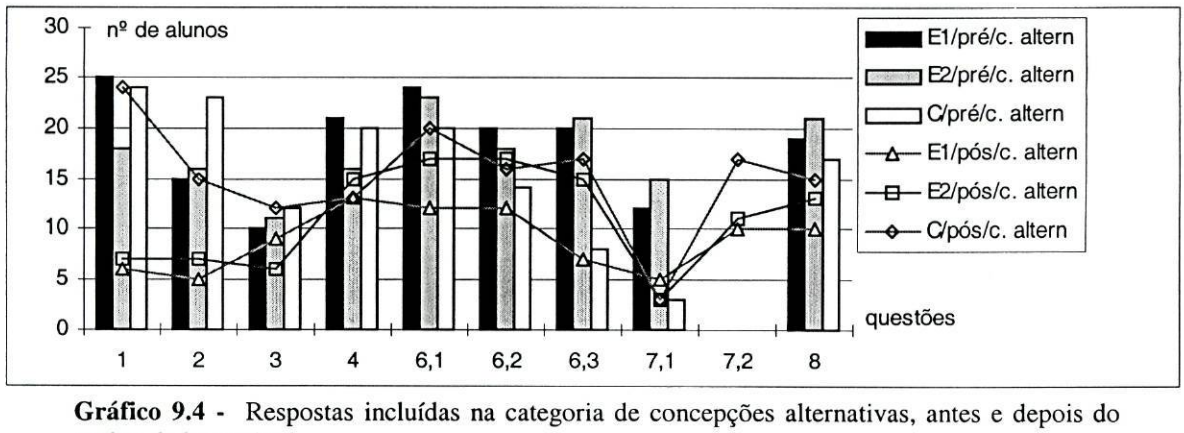


Gráfico 9.4 - Respostas incluídas na categoria de concepções alternativas, antes e depois do ensino da luz e visão.

Também na (questão 8), em que se solicita um esquema do mecanismo de visão, aqueles alunos, cujas respostas não foram incluídas na categoria de aceites, continuam a

afirmar que os olhos participam na visão, lançando raios em direcção aos objectos, ainda que para alguns deles, a luz também participe na visão. Também aqui o insucesso na turma de controlo é superior ao das turmas experimentais.

9.3 Implicações para o ensino da Física

Sendo a Física um dos principais esteios da ciência moderna com muita influência no estabelecimento de novos saberes, procuramos com esta estratégia motivar os alunos para esta realidade e despertar o gosto pela disciplina, de modo a ultrapassarem as ideias pré concebidas de que esta área é muito difícil e que é necessário evitar a todo o custo.

Este estudo assentou na necessidade de encarar de outra forma o processo ensino – aprendizagem, porém, não só no início, como no decorrer da implementação, verificamos a existência de um fosso muito grande entre a idealidade dos modelos propostos e testados e a realidade da sala de aula, com todos os condicionamentos humanos, materiais, afectivos e motivacionais. Procuramos, no entanto, avaliar os recursos e estabelecer os critérios de selecção e orientação, de forma a integrar os conceitos num todo coerente e organizado.

As áreas em estudo "Som e Audição" e "Luz e Visão" são importantes pela diversidade de fenómenos que abrangem, das quais se salientam no som e audição, a produção e propagação do som, a refracção, reflexão, o eco, o efeito de Doppler, espectro sonoro, audição humana e animal e sua relação com a poluição sonora e a surdez, etc.. Na Luz e Visão, são de maior importância, para os alunos deste nível de ensino, a distinção entre fontes de luz pontuais e extensas e a sua relação com a formação de sombras, a natureza da luz e a sua interacção com os corpos "reflexão, transmissão e absorção". É importante também reconhecer que a cor dos objectos se relaciona com a absorção selectiva da radiação incidente, conhecer o mecanismo de visão, bem como o princípio de funcionamento da utilização dos espelhos e das lentes.

No âmbito da Ciência, Tecnologia e Sociedade, podem os alunos explorar a sua importância no desenvolvimento da sociedade, nas mais diversas áreas "comunicação, saúde, ambiente, prevenção, detecção de recursos".

Ao longo do trabalho, verificou-se que muitas das concepções alternativas, identificadas antes do ensino, persistem depois do ensino, comprovando-se assim que, para os alunos interiorizarem os conceitos da ciência e da Física em particular, requer tempo.

Verificamos também que o trabalho experimental é muito valorizado pelos alunos, porém, é indispensável que as tarefas não sejam realizadas de forma indiscriminada, de modo a não reforçar as ideias erradas, que serão muito mais difíceis de erradicar posteriormente.

Estamos convictos que as inovações no processo ensino aprendizagem levam tempo e exigem persistência. Neste sentido, procuramos, no desenvolvimento desta investigação, uma nova concepção da relação professor aluno, pois sendo inquestionável que os alunos são os primeiros responsáveis pela sua própria aprendizagem, cabe ao professor exercer uma adequada direcção, ser o facilitador e o moderador, promover a actividade investigativa, de modo a que os alunos consigam relacionar a teoria com a prática.

Para finalizar, quero realçar que, apesar de neste estudo ser evidente o diferente grau de sucesso na alteração conceptual, em função das estratégias utilizadas, este estudo não é completo, pois, para além de abranger um número restrito de alunos, também não se debruça sobre os seus meios sócio culturais, das suas motivações ou mesmo dos perfis dos professores envolvidos.

BIBLIOGRAFIA

- Afonso, G. F. *Para um ensino construtivista da Química.* Dissertação de Mestrado em Química especialização em ensino. (não publicada) Universidade do Minho, 1997.
- Alonso, M. e Finn, E. J. *Física*, Addison-Wesley Iberoamericana España, S. A. Madrid, 1999.
- Ann Hanks, J. *Manual de instruções e Guia Experimental para o Modelo OS-851.* Pasco scientifie, 1995.
- Aranzabal, J. G. e Barroeta, I. A. *Qué cae antes un folio o un libro? La caída de los cuerpos en el aire*, Enseñaza de las ciencias, pp 103-110. 1995.
- Barberá, O. e Valdez, P. *El Trabajo Prático en la Enseñanza de las Ciencias: Una revisión*, Enseñaza de las ciencias, pp 365-379. 1996.
- Barros, G., Losada, S. M. e Alonso, M. *Hacia la Innovación de las Actividades práticas desde la Formación del Profesorado*, Enseñaza de las ciencias, pp 353-366. 1988.
- Bernardo, L.M.,. *Introdução à ciência da luz*, Departamento de Física, Faculdade de Ciências do Porto, (não publicado), 1995
- Bernardo, L.M.,. *Luz e Visão, Notas de apoio ao curso do programa FOCO,* Departamento de Física, Faculdade de Ciências do Porto, (não publicado), sem data.
- Bueno, A., *Se Pueden enseñar Contenidos Procedimentales en las Clases de Ciencias?*, Enseñaza de las ciencias, pp 21-41. 1998.
- Bueno, A. P. e Llamas, O. S., *Una propuesta metodológica para la enseñanza e el aprendizaje de la Electricidad y Magnetismo en Educación Secundaria*, Departamento Didáctica Ciencias Experimentales, Universisidad de Murcia, pp 79-94 1996.
- Caamaño, A., *La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad: una nacesidad currículum de ciencias*, Alambique de las Ciencias Experimentales, número 3, Año II, Barcelona,1995.
- Cachapuz, A., *Por um Ensino relevante da Química: Que papel para o trabalho experimental?*, Boletim SPQ 36, pp 25-27. 1989.
- Cachapuz, A. e Martins, I.,*Formação em Química dos professores e ensino para a mudança conceptual – uma estratégia* inovadora, Boletim SPQ pp 46, pp 13-18. 1991.
- Cachapuz, A. *et al*, *O Trabalho experimental nas aulas de Física e Química: Uma perspectiva nacional*, Gazeta da Física, S P F, vol. 12, Fasc. 2, pp 65- 69. 1999.
- Caldeira, M. H. *et al*, *Ideias dos alunos sobre o conceito de som*, Gazeta da Física, S P F, vol. 14, Fasc. 1, pp 22-32. 1991.

- Carmen, L. D., *et al*, *La Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias de la Natureza en la Educación Secundária*, Cuadernos de Formación del Profesorado, Educación Secundária, Universitat de Barcelona, 1997.
- Carvalho, R., *A Física no Dia a Dia*, Relógio d`Água Editores Lda. 1992.
- Direcção Geral dos Ensinos Básico e Secundário, *Programa de Ciências Físico-Químicas – Programa e Organização Curricular – Ensino Básico – 3º Ciclo*, Ministério da Educação, 1991.
- Driver, R., *Un Enfoque Construtivista para el Desarrollo del Currículo en Ciencias*, Enseñaza de las ciencias, pp 109-120. 1988.
- Duarte, M. C., *Metodologia e Investigação da Física*, Mestrado em Física (Ensino), Instituto De Educação e Psicologia Universidade do Minho, (Não publicado); sem data.
- Duschl, R.A. *Más allá del conecimiento: Los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual*, Enseñaza de las ciencias, pp 3-14, 1995.
- Ehrlich, R. *Virar o Mundo do Avesso*, Aprender a Fazer Ciência, Gradiva, Lisboa, 1993.
- Einstein, A. e Infeld, L., *A Evolução da Física, De Newton até à Teoria dos quanta*, Colecção Vida e Cultura, Edição Livros do Brasil, Lisboa, sem data.
- Eysenck, H. J. e Wilson, G. D., *Manual de psicologia humana*, Livraria Almedina, Coimbra,1986.
- Ferreira, M. e Almeida, G. *Introdução à Astronomia e às observações astronómicas*, Platano Edições Técnicas, Lisboa, 1993.
- Fiolhais, C. *Física Divertida*, Aprender a Fazer Ciência, Gradiva, Lisboa, 1992.
- Fitas, A. *Popper, Kun e Lakatos: Três formas diferentes de entender a ciência*, Vértice, II Série 4, pp 69-77; 1988.
- Freire, A. *et al*, *Objectivos na Planificação do ensino da química,* Boletim S. P. Q., 10, série II, pp 32-37, 1982.
- Garcia Hourcade, L. L. e Rodrigues de Avila, C. *Ideas previas, Esquemas alternativos, Cambio Conceptual y el Trabajo en el Aula*, Enseñaza de las ciencias, pp 161-166. 1988.
- Gil Perez, D., *Tres Paradigmas Basicos en la enseñanza de las ciencias*, Enseñaza de las ciencias, pp 26-33. 1983.
- Gil Pérez, D. e Valdés Castro, P. *La Orientación de las Práticas de Laboratório como Investigatión: Um ejemplo ilustrativo*, Enseñaza de las ciencias, pp 155-163. 1996.
- Giordan, A. e Veccgi, G. *Los origenes del saber – De las concepciones personales a los conceptos científicos.* Diada Editoras, Sevilla, 1988.

- Greca, L. M., e Moreira, M. A., *Modelos Mentales y Aprendizaje de Física en Electricidad y Magnetismo*, Enseñaza de las ciencias, pp 289-303. 1998.
- Halliday, D., Resnick, R. e Walker, J., *Fundamentos de Física, Ótica e Física Moderna*, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1995.
- Halliday, D., Resnick, R. e Walker, J., *Fundamentos de Física, Gravitação, Ondas e Termodinâmica*, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1995.
- Halliday, D., Resnick, R. e Walker, J., *Fundamentos de Física, Electro-Magnetismo*, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1995.
- Hecht, E., *Óptica*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1991.
- Leite, L. e Sá, S., *Cor, Óptica e Pintura Um estudo sobre concepções alternativas*, Gazeta da Física, S P F, vol. 20, Fasc. 2/3, pp 17-23. 1997.
- Lopes J. B. *et al*, *Promover o Desenvolvimento Conceptual em Física através do Trabalho experimental,* (não publicada), I. D. F. UTAD, Vila Real, 2000.
- Loureiro M. J., *Concepções Alternativas em Física: Conceitos Básicos de Electricidade*, Ensino das Ciências e Formação de Professores, número 2, PP 39-73, Projecto MUTARE; Universidade de Aveiro,1993.
- Manso C. *et al*, *Som e Audição, Uma abordagem de Ensino-Aprendizagem para o terceiro ciclo do ensino básico,* Perspectivas e experiências dos Professores pp 96-18, 1995.
- Mellado, V. e Carrazedo, D., *Contribuiciones de la Filosofía de la Ciencia a la Didáctica de las Ciencias*, Enseñaza de las ciencias, pp 331-339. 1993.
- Minick Santa, C. e Alvermann D., *Una Didáctica de las Ciencias, Procesos y aplicacions*, Aique Didática, Argentina, 1991.
- Moreno, J. H. e Moreno, A. M. *La ciencia de los alunos, Su utilización en la didáctica de la Física y la Química*, Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia, s/n, Madrid y Editorial Laia, Guitard, Barcelona, 1989.
- Neto, A. J., *Resolução de problemas em Física, Conceitos, processos e novas abordagens*, Instituto de Inovação Educacional, Lisboa1998.
- Papalia, D. E. e Olds, S. W., *O mundo da criança*, McGRAW-HILL, São Paulo, 1981.
- Pitt, V., Daintith, J. e Isaacs, A., coordenação, *Enciclopédia da Ciência, A Terra e o Universo*, Editora Verbo, Lisboa, sem data.
- Pitt, V., Daintith, J. e Isaacs, A., coordenação, *Enciclopédia da Ciência, Luz e som*, Editora Verbo, Lisboa, sem data.

- Pozo, J. I. e Crespo, G. *Aprender y enseñar ciencia del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, Ediciones Morata, S. L. Madrid, 1981.
- Reeves, H. *Um pouco mais de azul*. Lisboa. Gradiva, 1994.
- Reeves H., *O Primeiro Segundo, últimas notícias do cosmos- vol. 2*, Gradiva, Lisboa, 1995.
- Reeves H., *Últimas notícias do cosmos, De regresso ao primeiro segundo*, Gradiva, Lisboa, 1995.
- Reeves H., *Um pouco mais de azul, A evolução cósmica*, Gradiva, Lisboa, 1997.
- Rosmorduc, J., *De Tales a Einstein, História da Física e da Química*, Editorial Caminho, colecção universitária, Lisboa, 1983.
- Sears, F. Zemansky, M. W. e Young, H. D., *Física, Electricidade e Magnetismo*, Livros Técnicos e Científicos Editora LTDA. Rio de Janeiro, 1990.
- Sagan, C., *Cosmos*, Gradiva, Lisboa, 1994.
- Salgueiro, L. e Ferreira, J. G., *Introdução à Biofísica*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1991.
- Seixas, R. L. e Soeiro, A. C. G., *Lições de Física Experimental para o 2º ciclo dos Liceus*, Porto Editora, Limitada, Porto, 1954.
- Silva, A., Conversas de Física Electricidade. Porto. ASA Editores, 1999.
- Thomaz, M. F., *Uma perspectiva construtivista para o ensino da Física*, Gazeta da Física, S P F, vol. 11, Fasc. 1, pp 19- 27. 1986.
- Tipler, P. *Física, Ótica e Física Moderna*, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1995.
- Tipler, P. *Física, Electricidade e Magnetismo*, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1995.
- Tipler, P. *Física, Gravitação, Ondas e Termodinâmica*, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1995.
- VanCleave, J., *Física para Jovens*, Publicações Dom Quixote, Lisboa, 1993.
- Vasconcelos, F., Costa, N., *Trabalho Experimental no Ensino de Tópicos de Electricidade (8º ano)*, Gazeta da Física, S P F, vol. 22, Fasc. 3, pp 11-15. 1999.
- Viñas, C. J., Lozano, M.T., *Trabajos práticos para la construción de conceptos: Experiencias y experimentos ilustrativos*, Los Trabajos Práticos, pp 21-26, Madrid, 1994.
- Vygotsky, L. S. *Pensamento e linguagem,* Martins Fontes Editora, São Paulo, 1991.

Manuais Escolares:

- Caldeira, C., Valadares, J., Silva, L. Teodoro, V., *Física, 8º ano de escolaridade*, Didáctica Editora, Lisboa, 1999.
- Dias, F. M. L., Rodrigues, M. M. R. D., *Física na nossa vida, 8º ano de escolaridade*, Porto Editora, Porto, 1999.
- Fiolhais, C. ,Valadares, J., Silva, L., Teodoro, V. D., *Física, 8º ano*, Didáctica Editora, Lisboa, 1998.
- Maciel, N., Miranda, A., *Eu e a Física, 8º ano de escolaridade*, Porto Editora, Porto, 1999.
- Martins, A., *Física em Temas 8º ano*, Porto Editora, Porto, 1999.
- Morgado, J., Morgado, G., Canelas, Elsa., *Encontro com A Física, Ciências Físico-Químicas 8º ano*, Platano Editora, Lisboa, 1999.