
ÍNDICE

1. O Problema em Estudo	1
1.1 Introdução.....	3
1.2 Perspectivas de Ensino das Ciências	4
1.3 O Enquadramento CTS no Ensino das Ciências	6
1.3.1 Alfabetização Científica	6
1.3.2 A Educação CTS.....	7
1.3.3 Abordagens possíveis para uma unidade CTS	10
1.3.4 Como proceder?	13
1.4 O Ensino da Física no Ensino Secundário.....	14
1.4.1 A importância de aprender Física	19
1.5 Fundamentação sobre a escolha do tema: Uma Abordagem CTS das Radiações Não Ionizantes	20
1.6 Definição do problema em estudo e dos objectivos a atingir.....	24
1.7 Linhas Gerais do Estudo	26
1.7.1 Organização do estudo.....	28
2. Fundamentação Teórica do Estudo	31
2.1 Introdução.....	33
2.2 Radiação Electromagnética.....	33
2.3 Campos Electromagnéticos.....	35
2.3.1 Noção de Onda Electromagnética.....	38
2.3.2 As Equações de Maxwell	38
2.3.3 As Radiações Electromagnéticas Não Ionizantes.....	39
2.3.4 Classificação dos Campos Electromagnéticos - CEM.....	40
2.4 Os Efeitos da Exposição aos Campos Electromagnéticos	41
2.4.1 Fontes de C.E.M. a que o Homem pode estar exposto.....	43
2.4.1.1 Campos de baixas frequências originados pelos cabos eléctricos.	44
2.4.1.2 Campos produzidos por electrodomésticos	45
2.4.1.3 Exemplo real da exposição quotidiana a fontes de CEM de baixas frequências	45
2.4.2 Os seres humanos e os campos electromagnéticos	46
2.4.2.1 SAR (Specific Absorption Rate)	49
2.4.3 Os efeitos dos campos electromagnéticos de baixas frequências	51
2.5 O Sistema Nervoso Central.....	52
2.5.1 Neurónios.....	53
2.5.2 Natureza e Propagação da Mensagem Nervosa.....	54
2.5.3 Os efeitos de radiações electromagnéticas (microondas) sobre o sistema nervoso.....	57

2.5.3.1	Efeitos Térmicos	58
2.5.3.2	Efeitos Não Térmicos	59
2.6	As dores de cabeça e a exposição às radiações microondas.	60
2.7	Seres humanos com Hipersensibilidade Electromagnética	61
2.8	Linhas de Alta Tensão – outro factor de preocupação	62
2.9	O Problema das Radiações Electromagnéticas na Comunicação Social	63
2.9.1	Radiações Electromagnéticas e os meios de informação.....	66
2.9.2	Radiações Electromagnéticas e o telefone móvel.....	67
3. Planificação e Concepção dos Materiais Didácticos		69
3.1	Introdução.....	71
3.2	O actual programa de Física do 11º ano.....	71
3.2.1	Objectivos gerais do programa de Física	72
3.2.2	Unidades temáticas do programa de Física	73
3.2.3	Actividades práticas/ laboratoriais	74
3.3	Planificação e elaboração dos materiais didácticos.....	74
3.3.1	A construção dos materiais didácticos.....	76
3.3.2	Apresentação dos materiais didácticos	77
3.3.3	Considerações sobre as opções tomadas: Trabalho Práticos	80
3.3.3.1	Porquê, Laboratórios Virtuais e Simulações?.....	80
3.4	Materiais didácticos	81
3.4.1	Actividades Práticas Laboratoriais.....	81
3.4.2	Actividades Práticas Virtuais.....	110
3.4.3	Trabalhos de Pesquisa	121
3.4.4	Textos para Abordagens CTS	128
4. Validação dos Materiais Didácticos – O Workshop		133
4.1	Introdução.....	135
4.2	Planificação do Workshop	136
4.2.1	Professores avaliadores – contactos e inscrições.....	136
4.2.2	Caracterização da amostra de professores avaliadores	136
4.2.3	Organização do Workshop – modelo de trabalho	140
4.2.4	O Workshop	142
4.2.4.1	Actividades realizadas	144
4.2.4.2	Material necessário à realização das Actividades Práticas.....	144
4.3	Avaliação dos materiais didácticos.....	146

4.3.1	Avaliação das Actividades Práticas – I	146
4.3.1.1	Questão 1 – Parte I.....	147
4.3.1.2	Questão 1, 2 e 3 – Parte II.....	154
4.3.2	Avaliação das Actividades Práticas – II	158
4.4	Avaliação/validação do Workshop.....	162
5. Considerações Finais		165
5.1	Introdução	167
5.1.1	Síntese	168
5.2	A importância do estudo	168
5.3	Conclusões	169
5.3.1	Importância do ensino das ciências para a compreensão pública da ciência ..	169
5.3.2	Avaliação final	170
5.4	Implicações para o ensino da Ciência/ Física	173
5.5	Limitações do estudo	174
5.6	Sugestões para futuros trabalhos.....	175
Bibliografia		177
Bibliografia referenciada e consultada		178
Anexos		189
Recomendação do Conselho da União Europeia, de 12 de Julho de 1999, publicada no JOCE L199/59, de 30/7/1999 (extracto)		191
Anexo AL3 – I		193
Anexo AL3 – II		194
Anexo AL7B		195
Anexo APV3		197
Anexo IV.0		198
Anexo IV.1		209
Anexo IV.2		211
Anexo IV.3		212
Anexo IV.4		213
Anexo IV.5		215
Anexo IV.6		217
Anexo IV.7		219
Anexo IV.8		221

ÍNDICE DE FIGURAS

1. O Problema em Estudo	1
Figura I.1 – A importância da ciência escolar, objectivos educacionais do ensino das ciências e alfabetização científica.	7
Figura I.2 – Etapas para a estruturação de uma unidade temática.	11
Figura I.3 – Extracto do espectro electromagnético.....	22
Figura I.4 – Esquema global de um estudo deste tipo.....	26
2. Fundamentação Teórica do Estudo	31
Figura II.1 – Espectro electromagnético.	34
Figura II.2 – Os campos, eléctrico e magnético, coexistem quando a corrente eléctrica (corrente alternada) percorre os fios condutores. O campo magnético surge apenas quando se estabelece a corrente eléctrica.....	36
Figura II.3 – Os campos magnéticos atravessam a maioria dos materiais. Enterrar os cabos eléctricos não atenua os campos magnéticos da mesma forma que atenua os campos eléctricos.....	36
Figura II.4 – Se as linhas de alta tensão forem enterradas não produzem qualquer campo eléctrico à superfície.	37
Figuras II.5 e II.6 – variação da intensidade dos campos magnético e eléctrico com a distância às fontes de campo – linhas de alta tensão. O campo magnético diminui rapidamente com a distância a partir do centro linhas de alta tensão.	37
Figura II.7 – Onda electromagnética.....	38
Figura II.8 – Variação da profundidade de penetração em tecidos, com a frequência da radiação	39
Figura II.9 – Os campos eléctricos criados por linhas de alta tensão, induzem cargas eléctricas à superfície do corpo humano. Nos valores de campo eléctrico mais elevados, algumas pessoas podem sentir pequenos choques e movimentos do cabelo.....	42
Figura II.10 – Os campos magnéticos induzem pequenas correntes eléctricas no corpo humano. Correntes induzidas superiores às causadas por um cabo de alta tensão comum, podem interferir com as funções do sistema nervoso e provocar pequenos flashes de luz nos olhos.	42
Figura II.11 – Valores da indução magnética (μT) medidos a 1 metro de altura do solo, proximo de um cabo eléctrico (a torre não está à escala). Os valores da indução magnética B, diminuem significativamente com a distância ao cabo. Na vertical do cabo, B poderá alcançar valores de $6 \mu\text{T}$; a 15 metros do cabo eléctrico, B reduz-se a metade, e a 30 metros B é da ordem das décimas do microtesla (Vargas, Úbeda <i>et al.</i> , 2001).....	44

Figura II.12 – Registo das densidades de fluxo magnético (μT) de diferentes fontes, com frequências entre 30Hz e 1500Hz, a que uma pessoa esteve exposta durante 24h de actividade normal durante a semana (Úbeda <i>et al.</i> , 2000)	46
Figura II.13 – As interacções dos campos eléctrico e magnético com o corpo humano são estudadas através de modelos computadorizados, como o NORMAN.	47
Figura II.14(a) – Limites de segurança relativos à exposição de radiação electromagnética, para frequências de 1Hz a 10kHz.	48
Figura II.14(b) – Limites de segurança relativos à exposição de radiação electromagnética, para frequências superiores a 10 kHz.	49
Figura II.15 – Diagrama exemplificativo de um sistema utilizado para efectuar as medições dos valores da SAR.	50
Figura II.16 – Neurónio.....	52
Figura II.17 – Potencial de repouso	54
Figura II.18 – Representação gráfica da propagação do impulso nervoso ao longo do axónio.....	55
Figura II.19 – Despolarização	55
Figura II.20 – Repolarização	55
Figura II.21 – Bomba Na^+ / K^+	56
Figura II.22 – Sinapse	56
Figura II.23 – Símbolo da IRPA.....	65

3. Planificação e Concepção dos Materiais Didácticos 69

Figura AL1.1 – Osciloscópio analógico	82
Figura AL1.2 – Vista em pormenor do osciloscópio.....	83
Figura AL1.3 – Esboço esquemático de um osciloscópio.	84
Figura AL2.1 – Gravura do séc. XIX – Oersted a fazer uma demonstração da sua experiência....	85
Figura AL2.2 – Esquema da montagem (A) e (B).....	85
Figura AL2.3 – Esquema da montagem do galvanómetro.	86
Figura AL2.4 – Gráfico de calibração do galvanómetro.....	86
Figura AL3.1 – A <i>Regra da Mão Direita</i> é um truque simples para saber a direcção do campo magnético em torno de um fio percorrido por uma corrente eléctrica.....	87
Figura AL3.2 – (a) Solenóide percorrido por uma corrente eléctrica;	88
Figura AL3.3 – (a) Montagem experimental; (b) Detalhes do corpo prova.....	88
Figura AL3.4 – Acção do campo magnético sobre um corpo com propriedades ferromagnéticas.	90
Figura AL4A.1 – Esquema da montagem experimental.	91
Figura AL4B.1 – Representação das linhas de campo magnético terrestre.	92
Figura AL4B.2 – Mapas com a declinação magnética terrestre.	93
Figura AL4B.3 – Posição do pólo sul magnético em função do tempo.	93

Figura AL4B.4 – Esquema da montagem experimental.	94
Figura AL7A.1 – (a) Modulação em amplitude (b) Modulação em frequência	98
Figura AL7A.2 – Material necessário	99
Figura AL7A.3 – (a) Ligação entre o amplificador de um dos geradores de sinais a um dos canais do osciloscópio (b) Sinal modulado	99
Figuras AL7B.1 – Esquemas experimentais “Transmissão de som por radiação laser”.	100
Figura AL9.1 – Os campos magnéticos atravessam a maioria dos materiais.	104
Figura AL9.2 – Pormenor da montagem experimental.	105
Figura AL10.1 – <i>Kit</i> para o trabalho laboratorial com microondas.	107
Figura AL10.2 – Esquema da montagem para o estudo da reflexão.	108
Figura AL10.3 – Esquema de montagem para o estudo da refração.	108
Figura AL10.4 – Trajecto do raio de microondas.	109
Figuras APV1.1 – Ilustrações das simulações: <i>moléculas sujeitas a radiações microondas</i>	110
Figura APV2.1 – Página inicial das simulações de <i>som e ondas</i>	111
Figura APV2.2 – Aspecto gráfico do simulador <i>Ondas numa corda</i>	112
Figura APV2.3 – Aspecto do simulador <i>Ondas Acústicas</i>	112
Figura APV2.4 – Uma das imagens possíveis da tina de ondas (Difracção com uma fenda)	115
Figuras APV3.1 e 3.2 – Simulação da indução magnética com um imane e uma bobina.	117
Figura APV3.3 – Exemplo de simulação de um gerador	117
Figura APV3.4 – Imagem das linhas equipotenciais do campo eléctrico	118
Figura APV3.5 – Sentido e direcção e grandeza (em cada ponto) do campo eléctrico.	118
Figura TP1.1 – Experiência de Hertz	121
Figura TP1.2 – Guglielmo Marconi (1874 -1937) "Pai" da TSF (Telegrafia Sem Fios)	122
Figura TP3.1 – Funcionamento do sistema de comunicação móvel	125

4. Validação dos Materiais Didácticos – O Workshop 133

Figura IV. 1 – Montagem experimental que permite analisar a variação do campo magnético com a distância (distância da bobine à fonte do campo)	142
---	-----

ÍNDICE DE TABELAS

1. O Problema em Estudo	1
Tabela I.1 – Algumas das propostas educativas, promovidas pelo movimento CTS, para o ensino das ciências	10
Tabela I.2 – Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias	16
Tabela I.3 – Cursos Tecnológicos de: Construção Civil e Edificações, Electrotecnia/Electrónica e Informática	17
Tabela I.4 – Descrição das etapas do estudo	27
2. Fundamentação Teórica do Estudo	31
Tabela II.1 – Equações de Maxwell	39
Tabela II.2 – Resumo da grande variedade de radiações possíveis de encontrar na natureza e das várias aplicações práticas em que podem estar presentes.	43
Tabela II.3 – Intensidades do campo magnético típicas de alguns electrodomésticos a diversas distâncias	45
Tabela II.4 – Efeitos provocados por radiação electromagnética com diferentes densidades de corrente.....	51
Tabela II.5 – Informações relativas a distâncias mínimas de segurança das linhas de Muito Alta Tensão e Alta Tensão.....	63
4. Validação dos Materiais Didácticos – O Workshop	135
Tabela IV.1 – Material necessário à realização das Actividades Práticas Laboratoriais.....	145
Tabela IV.2 – Conjunto das Actividades Práticas realizadas.....	146
Tabela IV.3 – Parâmetros de Avaliação global das Actividades Laboratoriais	147
Tabela IV.4 – Respostas à questão 1: ficha de <i>Avaliação das Actividades Práticas – I</i> (parte I) .	148
Tabela IV.5 – Respostas à questão 1: ficha de <i>Avaliação das Actividades Práticas – I</i> (parte II).154	154
Tabela IV.6 – Respostas à questão 2: ficha de <i>Avaliação das Actividades Práticas – I</i> (parte II).155	155
Tabela IV.7 – Respostas à questão 3: ficha de <i>Avaliação das Actividades Práticas – I</i> (parte II).157	157
Tabela IV.8 – Respostas à questão 1: ficha de <i>Avaliação das Actividades Práticas – II</i>	158
Tabela IV.9 – Respostas à questão 2: ficha de <i>Avaliação das Actividades Práticas – II</i>	160

Capítulo I

O PROBLEMA EM ESTUDO

1.1 Introdução

A função da escola na formação dos indivíduos é inegável, no entanto, é fundamental que a escola dê respostas às expectativas e aos desafios que esta sociedade nos coloca, é por isso necessário que se esclareça convenientemente a função da escola na sociedade e a sua interligação com a mesma.

Nos últimos tempos têm ocorrido grandes transformações na vida quotidiana das pessoas, na sua organização económica e social, nas estruturas técnicas e científicas, entre outras.

É nos contextos social, cultural, económico e científico, que a educação, nomeadamente o sistema educativo, não pode deixar de estar em contínua mudança acompanhando a sociedade em que se insere. No século em que vivemos, a cultura não pode ser privilégio de determinadas classes sociais, é antes o que se requer ao cidadão comum: uma educação para a cidadania, uma educação para a união de conhecimentos, de saberes e de valores.

A mudança cultural, a evolução do pensamento, a alteração de atitudes e de valores, a alteração do ritmo de vida, são motores da transição da sociedade industrial tal como a conhecemos, para uma sociedade pós-industrial.

Avançamos no sentido de uma concepção mais alargada de educação, perspectivada como um processo de realização do ser humano na sua totalidade, estendendo-se a todas as áreas de interesse do sujeito e durante toda a sua existência.

Perante o descrito, um dos predicados mais importantes, para uma educação ao longo da vida, será a necessidade de aprender a aprender (Correia, 1999). É preciso aproveitar todas as oportunidades de actualizar, aprofundar e enriquecer os conhecimentos já adquiridos, de forma a nos adaptarmos a um mundo em rápida mudança. Perante isto a escola deve desenvolver, nos alunos, competências básicas que lhes possibilitem adaptar-se aos desafios do conhecimento futuro. O desenvolvimento das capacidades de interpretar e interligar os conhecimentos, mesmo adquiridos em diferentes disciplinas, é fundamental neste contexto.

O avanço científico e tecnológico que se tem verificado, com particular incidência no campo das tecnologias da informação e comunicação, que levou ao que se designa já hoje por “sociedade de informação” é caracterizado não só pelo acesso fácil à informação, mas também e principalmente, à forma como processamos e transmitimos essa informação. Está relacionado portanto, com a forma como seleccionamos, (re)direccionamos e (re)utilizamos a informação.

Nesta sociedade, que deve educar ao longo da vida, não há dúvida de que a Escola, continua a ser o lugar fundamental, onde cada um, em períodos cruciais da sua vida tem de iniciar ou de prosseguir o seu percurso educativo e formativo (Ambrósio, 1999).

Surgem assim, áreas prioritárias para a Educação, como por exemplo:

- a inovação no ensino - uma exigência que se traduz na passagem da aprendizagem de saberes escolares para o desenvolvimento de capacidades cognitivas, de aprender a aprender, de problematizar, de mobilizar conhecimentos de diferentes áreas perante situações reais concretas de resolução de problemas;
- a inovação nas práticas pedagógicas – transformação de uma prática docente apoiada essencialmente na socialização para uma estratégia educativa que conduza ao desenvolvimento de capacidades de construção de si própria, de projectos de vida em contextos de mudança.

As considerações anteriores justificam, em parte, o presente trabalho de investigação: *desenvolvimento de estratégias CTS, para abordagem em sala de aula, das radiações electromagnéticas não ionizantes*. Estratégias que serão fruto de uma reflexão sobre a educação, suas dificuldades, e em particular sobre o ensino da Física.

Neste primeiro capítulo pretende-se:

1. Analisar perspectivas de ensino em Ciências e situar o enquadramento CTS¹ nas mesmas;
2. Salientar a importância do enquadramento CTS como uma via possível para a formação dos alunos como cidadãos numa sociedade em constante mudança, na qual o impacto dos progressos científicos e tecnológicos é bem real;
3. Realizar uma breve reflexão sobre a importância do ensino e da aprendizagem da Física no ensino secundário;
4. Fundamentar a escolha do tema, *Uma Abordagem CTS das Radiações Não Ionizantes*, numa perspectiva de Educação em Física;
5. Definir o problema em estudo e os objectivos a atingir;
6. Apresentar as linhas gerais do estudo.

1.2 Perspectivas de Ensino das Ciências

Nos anos mais recentes tem vindo a ser conduzida uma reflexão, à escala internacional, sobre as finalidades da formação científica dos jovens, talvez com maior relevância para os que não prosseguem estudos a nível superior. Este facto levou à necessidade de uma nova orientação para o ensino das ciências cujo objectivo principal é a compreensão da *ciência, tecnologia e ambiente*, e das relações entre umas e outras e das suas implicações na *sociedade*.

¹ Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Como finalidades principais, a educação em ciência deverá acima de tudo garantir que as aprendizagens serão úteis no sentido de contribuírem para o desenvolvimento pessoal e social dos jovens, cidadãos de sociedades tecnologicamente desenvolvidas, e não dar apenas ênfase à aprendizagem de conteúdos, conceitos e processos.

Na realidade escolar, coexistem várias perspectivas de ensino seguidas com diferentes ênfases pelos professores, de entre elas:

- **ensino por transmissão**, perspectiva tradicional orientada para o domínio dos conteúdos científicos;
- **ensino por descoberta**, também designado aprendizagem por descoberta, baseado no pressuposto de que o conhecimento conceptual é resultado da compreensão dos processos do pensamento científico;
- **ensino por mudança conceptual**, perspectiva baseada na investigação que surgiu de estudos da ciência cognitiva sobre a aprendizagem e o conhecimento. Nesta perspectiva o objectivo é ajudar os alunos a mudar as suas explicações intuitivas acerca do mundo ou seja a incorporar conceitos científicos e modos de pensamento nos seus referenciais pessoais;
- **ensino por pesquisa**, perspectiva de ensino de forte sentido externalista, potenciadora de inovação e portadora de uma outra concepção de educação em ciências nos dias de hoje (Cachapuz, Praia, Jorge, 2000), com ênfase na construção de conceitos, atitudes e valores.

Todas estas perspectivas têm sido utilizadas nos últimos 40 anos no sistema educativo.

O ensino por transmissão, apesar de ainda hoje ser uma perspectiva seguida, é a mais antiga e baseia-se numa visão do ensino como *instrução*.

Posteriormente surge a perspectiva de ensino por descoberta, seguida da perspectiva ensino por mudança conceptual. A perspectiva *ensino por pesquisa*, a mais recente, propõe um ensino das ciências que tem como finalidade uma *educação* em ciências.

Uma educação segundo as perspectivas críticas da ética, da política, entre outras, que possibilite o aparecimento de cidadãos capazes de pensar e de tomar decisões não apenas de natureza científica, mas também social, política e económica, face a problemas que exigem atitudes responsáveis por parte de todos.

Pelo facto de a perspectiva de ensino por pesquisa pressupor uma visão de ensino mais actual do ponto de vista educacional, colada aos interesses quotidianos e pessoais dos alunos, social e culturalmente geradora de maior motivação e por ir ao encontro das orientações internacionais sobre as finalidades da educação em ciências esta perspectiva de ensino exige, portanto, uma atenção especial em relação às outras perspectivas referidas. A título de exemplo: desenvolver conhecimentos científicos úteis para a vida quotidiana; desenvolver conhecimentos e capacidades necessárias para participar como cidadãos responsáveis na tomada de decisões sobre assuntos públicos e polémicos

que estão relacionados com a ciência e a tecnologia; desenvolver conhecimentos para prosseguir estudos científicos; desenvolver o trabalho em equipa, a iniciativa, a criatividade, etc.

Resumidamente, na perspectiva de ensino por pesquisa assumem particular relevância os seguintes aspectos (Cachapuz et al, 2000):

- *a inter e transdisciplinaridade, resultante da necessidade de compreender o mundo na sua globalidade e complexidade;*
- *a abordagem de situações problemáticas do quotidiano possibilitando aos alunos uma aprendizagem científica e tecnológica que lhes permita tomar decisões (o que poderá ser articulado com o movimento CTS);*
- *o pluralismo metodológico, ao nível das estratégias de trabalho, das quais se destaca o trabalho experimental pela sua relevância;*
- *uma avaliação não classificatória, mas formadora, educativa, que envolva todos os intervenientes no processo ensino-aprendizagem.*

Estes são os quatro princípios organizadores da perspectiva de ensino por pesquisa, que se articulam em ciclos ao longo de todo o processo ensino-aprendizagem.

1.3 O Enquadramento CTS no Ensino das Ciências

1.3.1 Alfabetização Científica

Há, aproximadamente, uma década (coincidindo com as reformas educativas planificadas, desenvolvidas e implementadas em muitos países durante os anos noventa), que se associa à linguagem quotidiana da didáctica das ciências experimentais o lema da *alfabetização científica*, como uma expressão metafórica que estabelece de forma muito geral determinadas finalidades e objectivos do ensino das ciências (Bybee, 1997).

Apesar de actualmente a utilização desta expressão ser comum em todo o mundo, a sua origem é anglo-saxónica “*scientific literacy*”. Com antecedentes que remontam a meados do século XX, provém sobretudo dos EUA, onde se inventou o termo como resposta à preocupação que provocou um sentimento de inferioridade científica e tecnológica na sociedade norte americana, o colocar em órbita do primeiro *sputnik* pela União Soviética – em 1957 – e consequentes repercussões políticas, militares e sociais deste importante acontecimento tecnológico.

A necessidade de uma alfabetização científica e tecnológica como parte essencial da educação básica e geral de todas as pessoas – note-se que agora frequentemente se associa o termo *alfabetização tecnológica* ao da alfabetização científica – aparece claramente reflectida em numerosos documentos de política educativa de organismos internacionais de grande prestígio, tais como a UNESCO e a Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI), entre outros.

A extensão da alfabetização científica a todas as pessoas é, desde logo, incompatível com uma finalidade exclusivamente propedêutica do ensino das ciências; isto é, com uma ciência escolar relevante apenas para prosseguir estudos científicos superiores.

Há, portanto, diversas formas de entender a alfabetização científica no sistema escolar, em grande parte devido à própria ideologia sobre as finalidades e objectivos do ensino das ciências. Dependendo do *para quê* que se considere relevante a ciência escolar, o significado que se poderá dar a esta alfabetização poderá ser um ou outro (Figura I.1) e, como é lógico, a forma de a entender terá fortes repercussões na planificação, na delineação e no pôr em prática do currículo das ciências.

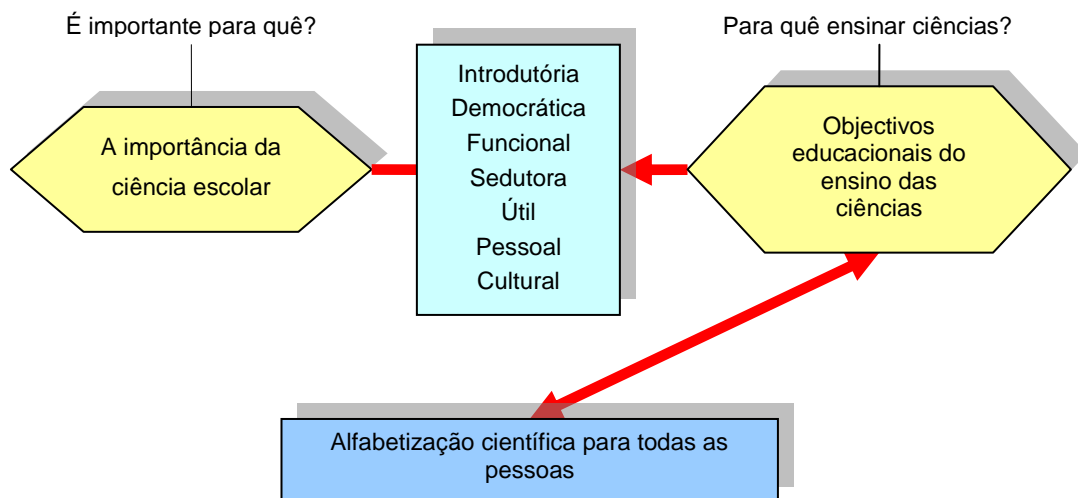


Figura I.1 – A importância da ciência escolar, objectivos educacionais do ensino das ciências e alfabetização científica. (Adaptado de Acevedo, 2004, p.8)

1.3.2 A Educação CTS

Os enormes desenvolvimentos a que vimos assistindo, o seu impacto na sociedade, no meio ambiente e nas nossas formas de vida constituem um desafio para a educação científica neste século XXI. Exige-se assim pessoas cada vez mais informadas, capazes de compreender, tomar decisões e realizarem-se adequadamente num mundo cada vez mais científico e tecnológico.

O ensino das ciências tem também experimentado mudanças importantes nas últimas décadas e propostas recentes vão no sentido de ajudar os alunos na compreensão do papel da ciência nas sociedades modernas e, em particular, na promoção do estudo de problemas reais, tendo em conta as inter-relações da sociedade e da tecnologia.

Esta ideia vai de encontro ao conceito de *ciência para o cidadão*, que corresponde aos saberes e competências científico-tecnológicas essenciais que todos os cidadãos devem possuir para serem *bons produtores, bons consumidores e bons eleitores* (Sequeira, 1996).

A par do aparecimento de novas finalidades para a educação em ciências, assistiu-se a uma importância crescente do movimento “**CTS, Ciência, Tecnologia e Sociedade**”.

Este movimento teve as suas origens nos anos 70 na América do Norte como resposta a uma crise na relação da sociedade com a ciência e tecnologia e actualmente assume-se como uma linha de investigação em didáctica das ciências fundamentada pelas modernas perspectivas da Epistemologia das Ciências, assim como, da História, Sociologia e Nova Filosofia da Ciência. Apesar de não existir consenso sobre o seu significado, poderá dizer-se que *promove a alfabetização científica e tecnológica de todos os cidadãos para que possam participar no processo democrático da tomada de decisões e na resolução de problemas relacionados com a ciência e a tecnologia* (Membriela, 1997).

Ao longo dos últimos anos tem vindo a aumentar a discussão sobre o ensino científico com uma orientação mais humanista, baseado na necessidade de desenvolver uma compreensão pública da ciência e da tecnologia, que permita a aproximação entre as duas culturas – a das “ciências” e a das “letras” – como referido por Snow (1964).

Alguns trabalhos evidenciaram que relacionar a ciência e a tecnologia com o meio natural e social aumenta o interesse dos alunos e melhora as suas atitudes perante o seu estudo: *ensinar ciência numa perspectiva CTS é ensinar acerca de fenómenos naturais imersos em ambientes sociais e tecnológicos familiares aos alunos* (Solbes e Vilches, 1997).

O aluno ocupa nesta perspectiva uma posição central, pois este ao procurar compreender as suas experiências diárias irá integrar a sua compreensão sobre os ambientes naturais (**Ciência**), sociais (**Sociedade**) e artificialmente construídos (**Tecnologia**).

Consideramos tratar-se de um *movimento para o ensino das ciências* enquadrado por uma filosofia que defende tal ensino em contextos de vida real, que podem ser ou não próximos do aluno (por exemplo, a exploração do espaço é um tema familiar mas não é próximo, no sentido físico), onde emergem ligações à *tecnologia*, com implicações de e para a *sociedade*. Nesta filosofia de ensino deixa de ter sentido o ensino de conceitos pelos conceitos, não por estes não terem valor intrínseco mas porque a sua importância será melhor percebida pelo aluno (sobretudo para níveis etários mais baixos) se eles aparecerem como via para dar sentido aquilo que é questionado (Martins, 2002a).

Em termos internacionais tem havido movimentos de desenvolvimento curricular que enfatizam o uso de contextos e que apresentam as aplicações científicas como ponto de partida para a organização das actividades de ensino-aprendizagem. Deste modo a exploração das situações do dia-a-dia e as aplicações científicas são a base para a construção de situações de ensino-aprendizagem contextualizadas. Os programas são centrados em questões da actualidade permitindo que os alunos aprendam os conceitos numa perspectiva de necessidade para a vida quotidiana.

Adoptando uma postura consonante com o movimento CTS poder-se-á contribuir para a formação de cidadãos científica e tecnologicamente esclarecidos, com capacidade para tomarem decisões razoáveis e racionais perante situações problemáticas do dia-a-dia.

Como facilmente se compreende não temos como objectivo referir aqui a história do movimento CTS. A quem a deseje conhecer podemos apenas remetê-lo para os trabalhos de Acevedo, Vázquez e Manassero (2002), Aikenhead (2003) e Solomon (2003). Bastará talvez referir que este movimento educativo tem raízes nas propostas tradicionais de uma orientação mais humanista do ensino das ciências e segundo as palavras de Martín-Gordillo (2003),

“Se fosse necessário definir em poucas palavras os propósitos da abordagem CTS no âmbito educativo poderia resumir-se em dois tópicos: mostrar que a ciência e a tecnologia são acessíveis e importantes para os cidadãos (e portanto, é necessária a sua alfabetização tecnológica e científica) e, propiciar a aprendizagem social da participação pública nas decisões tecnológicas e científicas (é portanto necessária também a educação para a participação na ciência e na tecnologia)”.

Apesar do tempo que passou desde o nascimento deste movimento CTS, as suas principais propostas educativas não chegaram ainda a ser suficientemente exploradas, pelo menos no campo do ensino das ciências (Sjøberg, 1997), sendo mesmo desconhecidas por grande parte dos professores, o que origina a que se continue a considerar esta abordagem como uma forma inovadora para a educação científica (Acevedo, 1997; Vázquez, 1999). A proposta de inclusão da perspectiva social da ciência e da tecnologia é, possivelmente, aquela que poderá trazer maiores vantagens para o cidadão da sociedade do século XXI, como fora previsto à mais de trinta anos (Gallagher 1971: p. 337):

“Para os futuros cidadãos de uma sociedade democrática, a compreensão das relações mútuas entre a ciência, a tecnologia e a sociedade pode ser tão importante como a dos conceitos e dos processos científicos”

Para terminar esta breve apologia do movimento CTS no ensino das ciências, faz sentido citar aqui autores como Shamos (1993):

“[...] uma premissa básica do movimento CTS é que ao tornar mais pertinente a ciência na vida quotidiana dos estudantes, estes podem motivar-se, interessar-se mais pelo tema e trabalhar com mais afinco para a dominar. Outro argumento a seu favor é que, ao dar relevância social ao ensino das ciências, contribui-se para a formação de plenos cidadãos; o mesmo é dizer, ao consciencializar os estudantes dos problemas sociais que têm por base causas científicas, estes interessam-se mais pela própria ciência”.

É inegável que, as orientações CTS permitem dar uma resposta adequada a alguns dos objectivos mais abrangentes do ensino das ciências, facultando à ciência escolar a possibilidade de ter realmente em conta as experiências e os interesses pessoais e sociais dos estudantes (Bybee, 1993), assim como a contextualização social e tecnológica dos próprios conteúdos científicos. Deste modo, fomenta-se a possibilidade de responder melhor e de forma mais ajustada às necessidades sociais, é o desafio de uma alfabetização científica para todos os alunos (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003), tal como se pode ler na maioria das, mais recentes, recomendações internacionais sobre educação científica.

Tabela I.1 – Algumas das propostas educativas, promovidas pelo movimento CTS, para o ensino das ciências.

- Inserção da dimensão social da ciência e da tecnologia no ensino das ciências.
- A presença da tecnologia no ensino das ciências como um elemento capaz de facilitar a relação com o mundo real e uma melhor compreensão da natureza da ciência e da tecnologia contemporâneas.
- A relevância dos conteúdos CTS para a vida pessoal e social das pessoas no sentido de resolver alguns dos problemas quotidianos relacionados com a ciência e a tecnologia: saúde, higiene, nutrição, consumo, meio ambiente e desenvolvimento sustentável, etc.
- A identificação de questões chave relacionadas com a ciência e a tecnologia, a familiarização com procedimentos de acesso à informação científica e tecnológica relevante, sua interpretação, análise, avaliação, comunicação e utilização.
- O papel humanístico e cultural da ciência e da tecnologia.
- O uso da ciência e da tecnologia para fins sociais específicos e para a formação cívica.
- Consideração da ética e dos valores da ciência e da tecnologia!
- ...

Traduzido e adaptado de Acevedo (2004).

As formas de incluir as relações CTS nos conteúdos das aulas são várias e diversificadas. Apresentam-se de seguida algumas das opções mais utilizadas para a realização dessa abordagem.

1.3.3 Abordagens possíveis para uma unidade CTS

Suponhamos uma unidade temática onde por exemplo se estruturam os conteúdos em três etapas. As três etapas serão elaboradas em função da explicação dos esquemas conceptuais que pretendemos que os alunos adquiram. As referidas etapas poderiam ser, por exemplo: **identificação dos conceitos**, **interpretação com contribuição de princípios e leis**, e **aplicação dos conceitos e princípios necessários à resolução de problemas** (Sánchez e Valcárcel, 1993) – este é certamente um modelo muito útil para ajustar e estruturar conteúdos em qualquer unidade.

O modo como adoptamos esta sequência nos materiais de ensino diários, pode servir para ajudar a esclarecer o porquê de alguns dos procedimentos utilizados relativamente à introdução das relações CTS no ensino das ciências.

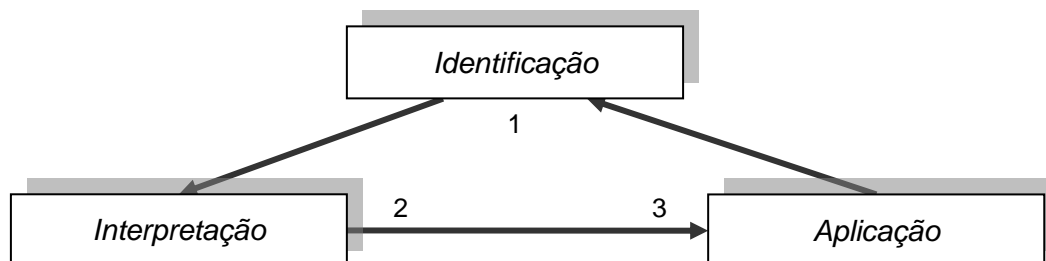


Figura I.2 – Etapas para a estruturação de uma unidade temática.
(Adaptado de Carpena e Lopesino, 2001, p.35)

De facto, se na fase de aplicação dos conteúdos, as situações e os problemas apresentados estiverem relacionados com aspectos da vida diária do aluno ou com o seu contexto histórico e/ou social, temos certamente o caso de uma unidade sujeita a um tratamento CTS. Este é o método mais usado nos diferentes textos que se podem encontrar quer no Ensino Básico quer no Ensino Secundário.

Apesar do esforço que tem sido desenvolvido na elaboração dos manuais escolares, com a inserção de textos com conteúdos CTS, tal não se reflecte ainda num aumento da literacia científica, particularmente em Portugal. É provável que o problema passe também pelo professor que *não pode ensinar o que desconhece*. Considera-se que pode ter influência no ensino que os professores praticam, as crenças e as atitudes que estes possuem face às abordagens CTS.

Algumas das primeiras investigações efectuadas sobre este facto, mostraram que a eficácia da aplicação dos programas, com abordagens CTS, depende muito dos professores, pois considera-se o ensino como um acto consciente e com uma finalidade programada, os professores têm de ter um bom conhecimento do que pretendem ensinar aos seus alunos.

Outra forma de abordar a referida unidade temática seria, começar pela fase de **Aplicação dos conceitos e princípios necessários à resolução de problemas**, para voltar a esta mesma fase no final da abordagem. Apresentar-se-ia neste caso, um tema ou um problema científico no seu contexto social de forma interessante e motivante para o aluno (como por exemplo os plásticos, os combustíveis, a desertificação, a biotecnologia, a contaminação da atmosfera, etc) para, posteriormente, desenvolver os conceitos científicos necessários para a sua compreensão e interpretação, aplicando-os em seguida, numa actividade relacionada com o problema, ou tema, em questão. Neste caso a abordagem CTS manter-se-ia ao longo de toda a unidade.

Carpena e Lopesino (2001) acreditam que esta última forma de desenvolver uma abordagem CTS é a mais apropriada para o ensino da ciência. Estes autores estão, no entanto, conscientes das dificuldades que esta mesma forma de abordagem de um assunto-problema apresenta. Tais dificuldades devem-se, segundo eles, às diferenças relativas à forma tradicional de abordagem, quer pela diferente organização dos conteúdos quer pela metodologia necessária.

Qualquer das duas opções descritas é merecedora de apoio uma vez que, no fundo, ambas pretendem fazer da ciência algo mais próximo dos interesses e motivações do aluno, principalmente, em alturas como as que, segundo Pró (2001), parece querer voltar-se a colocar na moda «as certezas» da ciência.

Resumindo, pode afirmar-se que com as relações CTS se agrupam nas unidades temáticas aquelas actividades que permitem situar os conteúdos científicos num contexto quotidiano e motivador para o aluno, estando estas actividades sustentadas nas próprias disciplinas científicas.

Uma terceira possibilidade para introduzir as relações CTS de forma transversal no curriculum, compatível com qualquer uma das possibilidades anteriormente descritas, seria dispor de um conteúdo programático específico que possibilitasse ao aluno compreender o “funcionamento” intrínseco da ciência e a sua relação com o contexto social no qual ele se desenvolve e aplica. O mesmo é dizer, poder compreender o sistema composto por uma complexa rede de relações técnicas, económicas, políticas e culturais, em cuja evolução intervêm profissionais de âmbito científico e empresarial, trabalhadores, gestores de risco, grupos políticos de pressão, meios de comunicação, entre outros.

Para o aluno, como futuro cidadão e independentemente da profissão que venha a exercer, será esta compreensão de conceitos científicos que lhe permitirá um dia interpretar e julgar problemas e situações social e cientificamente controversas que se apresentem ao longo da sua vida. Problemas e situações que, certamente, não terão a haver com a “química na cozinha”, ou a “física da bicicleta”, ou com o feito científico em si, mas sim com o contexto social e natural em que este se insere. O desempenho do aluno como futuro cidadão, uma vez abandonados os estudos, obriga-lo-á a confrontar-se com dilemas sociais (manipulação genética, opção energética, uso privado de bases de dados públicas, entre outros) nos quais o feito científico, além de não ser o mais importante, está relacionado com uma série de variáveis que dificultam a tomada de decisões.

«Saber sobre ciência» é hoje em dia, talvez mais importante do que alguma vez já foi, estamos imersos numa sociedade tecnológica onde se recorre à ciência e à tecnologia para justificar e fundamentar a maioria das decisões económicas, políticas e até culturais que se tomam.

Perante o exposto, a abordagem CTS deve considerar-se como uma perspectiva mais ampla de entender a ciência. Essa perspectiva poderia ser concretizada em afirmações, como por exemplo:

- ✓ A ciência não é neutra; é muito condicionada por factores técnicos, mas não só, também é condicionada por factores económicos políticos e culturais.
- ✓ Não existe um método científico (um procedimento) infalível, para chegar à construção de leis científicas.
- ✓ A ciência e a tecnologia contribuem para o desenvolvimento e o bem-estar social, no entanto, também transportam riscos por vezes difíceis de prever.
- ✓ As novas tecnologias deveriam servir para facilitar a vida diária de todos e não para que cada um tenha de adaptar a sua vida a essas mesmas tecnologias.

1.3.4 Como proceder?

Quando efectuamos a selecção dos procedimentos, devemos tentar que estes permitam ao aluno não só participar na forma de fazer ciência, como também participar no apaixonante debate social que hoje em dia nos proporcionam alguns dos temas científicos.

Exemplos de procedimentos:

- Apresentação de vantagens e inconvenientes de tecnologias usadas diariamente.
- Identificação de instrumentos/aparelhos de uso comum cuja existência se deve à ciência e tecnologia.
- Estabelecimento de critérios e de classificações para a avaliação da ciência.
- Consulta de fontes de informação sobre as causas que levam a participação pública na política da ciência e tecnologia dos diferentes países.
- Elaboração e comunicação de informação sobre aspectos relacionados com a avaliação da ciência.

Exemplos de outros procedimentos mais específicos:

- Estabelecimento de previsões sobre possíveis vantagens e inconvenientes de uma determinada implementação científica.
- Representação de um problema social relacionado com a ciência ou a tecnologia e interpretação dos diferentes papéis.
- Uso de modelos (perspectivas determinista e construtivista) para o desenvolvimento científico.
- Interpretação de notícias e informações a partir dos modelos anteriores.
- Identificação e reconhecimento das ideias principais e secundárias na informação recolhida de diversas fontes.

É portanto natural concluir que, na ciência escolar, os objectos de estudo devem passar a ser problemas abertos em que os alunos se devem envolver, pesquisando informação, valorizando ligações inter e transdisciplinares, desenvolvendo competências (onde a criatividade e o espírito crítico têm um valor primordial), atitudes e valores relevantes do ponto de vista pessoal e social (Cachapuz, 2000).

No livro pioneiro de Ziman, que foi tido como referência para propostas de abordagem CTS, este autor fazia notar o seguinte, muitos alunos estariam melhor informados sobre as suas vidas do que actualmente o estão, se lhes fosse ensinado um pouco menos **de** ciência e um pouco mais **sobre** ciência (Ziman, 1980, citado por Membiela, 1997)

Resumindo, um dos objectivos centrais de um ensino CTS é o desenvolvimento de uma cidadania individual e social para lidar com problemas que têm dimensões científicas e tecnológicas, num contexto que se estende para além do laboratório e das fronteiras das disciplinas.

Trata-se de revestir a ciência de significado para o aluno de forma a prepará-lo melhor para lidar com as realidades actuais e do futuro.

Estas ideias decorrentes das novas finalidades da educação em ciências e sobre os modos de as alcançar, em que assume relevância o movimento CTS e as suas orientações constituem um dos possíveis entendimentos do que deve ser o ensino das ciências e no caso particular da Física.

1.4 O Ensino da Física no Ensino Secundário

Segundo a Lei de Bases do Sistema Educativo², este compreende a educação pré-escolar, a educação escolar e a educação extra-escolar. Por sua vez, a educação escolar compreende os ensinamentos básico, secundário e superior.

O ensino secundário tem, entre outros, os objectivos³ de:

- Assegurar o desenvolvimento do raciocínio, da reflexão e da curiosidade científica e o aprofundamento dos elementos fundamentais de uma cultura humanística, artística, científica e técnica que constituam suporte cognitivo e metodológico apropriado para o eventual prosseguimento de estudos e para a inserção na vida activa;
- Fomentar a aquisição e aplicação de um saber cada vez mais aprofundado assente no estudo, na reflexão crítica, na observação e na experimentação;
- Formar, a partir da realidade concreta, da vida regional e nacional, e no apreço pelos valores permanentes da sociedade, em geral, e da cultura portuguesa, em particular, jovens interessados na resolução dos problemas do País e sensibilizados para os problemas da comunidade internacional;
- Favorecer a orientação e formação profissional dos jovens, através da preparação técnica e tecnológica, com vista à entrada no mundo do trabalho.

Têm acesso a qualquer curso do ensino secundário todos os alunos (dos 14 aos 18 anos) que completarem com aproveitamento o ensino básico. Os cursos do ensino secundário têm a duração de três anos.

² Lei nº 46/86 de 14 de Outubro.

³ Artigo 9.º, Lei nº 46/86.

O ensino secundário organiza-se segundo formas diferenciadas, contemplando a existência de cursos predominantemente orientados para a vida activa ou para o prosseguimento de estudos, contendo todas elas componentes de formação de sentido técnico, tecnológico e profissionalizante e de língua e cultura portuguesas adequadas à natureza dos diversos cursos.

De acordo com, o *Documento Orientador da Revisão Curricular do Ensino Secundário*, (ME, 2003a) actualmente em vigor, a organização⁴ do Ensino Secundário é como indicado nas Tabelas I.2 e I.3.

Relativamente à disciplina de Física e Química A é uma das três disciplinas do tronco comum da componente de Formação Específica do Curso Geral de Ciências Naturais e do Curso Geral de Ciências e Tecnologias do Ensino Secundário (E.S.). Dá continuidade à disciplina de Ciências Físico-Químicas, do 3º ciclo Ensino Básico, 7º, 8º e 9º anos. Representa, por isso, uma via para os alunos aprofundarem conhecimentos relativos à Física e à Química, duas áreas estruturantes do conhecimento nas Ciências experimentais.

De acordo com os Princípios Orientadores da Revisão Curricular do E. S., a disciplina tem um programa nacional, sendo cada uma das componentes, Física e Química, leccionadas em cada um dos semestres com igual extensão. Assim, as 33 semanas lectivas anuais são divididas em partes iguais pelas duas componentes. A avaliação a conduzir sobre as aprendizagens dos alunos deve respeitar de forma equilibrada cada uma das componentes.

Como é possível observar na tabela I.2, os alunos que frequentam o Curso Científico-Humanístico possuem a disciplina de Física e Química A, cuja *frequência não é obrigatória* (há várias opções⁵ de frequência). Caso escolham a disciplina, possuem uma carga horária semanal de 4,5horas (3 blocos de 90 minutos) nos 10º e 11º anos ou nos 11º e 12º anos, consoante a opção. É portanto uma disciplina bienal, representando cerca de 16% da escolaridade de cada um dos anos.

Os alunos podem ainda escolher a Física no 12º ano com uma carga horária semanal de 4,5horas (3 blocos de 90 minutos).

De acordo com a Tabela I.3, os alunos que frequentam os Cursos Tecnológicos de Construção Civil e Edificações, Electrotecnia/Electrónica e Informática possuem a disciplina de Física e Química B, de *frequência obrigatória*, com uma carga horária semanal de 3horas (2 blocos de 90 minutos) também nos 10º e 11º anos de escolaridade.

⁴ Apenas para os cursos em que aparece a disciplina de Física e Química.

⁵ Ver alíneas da tabela I.2.

Fonte: ME (2003a)

Componentes de Formação	Disciplinas	Carga horária Semanal (x 90 minutos)		
		10º	11º	12º
Geral	Português	2	2	2
	Língua Estrangeira I ou II a)	2	2	–
	Filosofia	2	2	–
	Educação Física	2 b)	2 b)	2 b)
	Tecnologias da Informação e Comunicação	2	–	–
Sub-total		10	8	4
Específica	Matemática A	3	3	3
	Opções c)	3	3	
	Opções d)		3	3
	Opção e)			3
Sub-total		6 (9)	9	(6) 9
	Área de Projecto g)			2
	Educação Moral e Religiosa h)	(1)	(1)	(1)
Total		16 a 20	17 a 18	12 a 16

a) O aluno deverá dar continuidade a uma das línguas estrangeiras estudadas no ensino básico. Se tiver estudado apenas uma língua estrangeira, iniciará obrigatoriamente uma segunda língua no ensino secundário. Neste caso, tomando em conta as disponibilidades da escola, o aluno poderá cumulativamente dar continuidade à Língua Estrangeira I como disciplina facultativa, com aceitação expressa do acréscimo de carga horária.

b) A carga horária semanal poderá ser reduzida até 1 unidade lectiva, no caso de não ser possível a escola assegurar as condições físicas, humanas e organizacionais para a leccionação da disciplina com a carga horária definida.

c) O aluno escolhe uma ou duas disciplinas bienais estruturantes.

d) No caso de o aluno ter optado por iniciar apenas uma disciplina bienal no 10º ano, escolherá uma disciplina, excluindo a iniciada no 10º ano.

e) O aluno escolhe uma disciplina. No caso de ter iniciado uma disciplina bienal no 11º ano, é excluída das possibilidades de escolha a disciplina que se considere sequência da referida disciplina bienal.

f) Oferta dependente do projecto educativo da escola.

g) A Área de Projecto é assegurada por um professor.

h) Disciplina de frequência facultativa.

Tabela I.3 – Cursos Tecnológicos de: Construção Civil e Edificações, Electrotecnia/Electrónica e Informática.

Componentes de formação	Disciplinas	Carga horária Semanal (x 90 minutos)		
		10º	11º	12º
<u>Geral</u>	Português	2	2	2
	Língua Estrangeira I ou II a)	2	2	-
	Filosofia	2	2	
	Educação Física	2 b)	2 b)	2 b)
	Tecnologias da Informação e Comunicação	2		
Sub-total		10	8	4
<u>Científica</u>	Matemática B	2	2	2
	Física Química B	2	2	

Fonte: ME (2003a)

Na introdução do programa de Física e Química do Ensino Secundário são referidas as finalidades formativas do Ensino Secundário no domínio das Ciências em que, de acordo com o documento “Revisão Curricular do E. S.”, a Formação Específica deve ter como intenção final a consolidação de saberes no domínio científico que confira competências de cidadania, que promova igualdade de oportunidades e que desenvolva em cada aluno um quadro de referências, de atitudes, de valores e de capacidades que o ajudem a crescer a nível pessoal, social e profissional (ME⁶, 2001).

É defendido por isso que no E.S. se tomem como orientações para o ensino das Ciências, as perspectivas de literacia científica dos alunos e o desafio de cativar muitos deles (sobretudo os melhor preparados) para carreiras ligadas às Ciências / Tecnologias, indispensáveis ao desenvolvimento socio-económico do País. As disciplinas de Ciências que integram esta componente têm como fim traçar este caminho.

A Física e a Química terão, portanto, de ser encaradas como uma via para o crescimento dos alunos e não como o espaço curricular onde se “empacotam” conhecimentos exclusivamente do domínio cognitivo, com pouca ou nenhuma ligação à sociedade.

No seguimento desta ideia, são finalidades da disciplina de Física e Química A e B do Ensino Secundário aquelas que decorrem da própria estrutura e finalidades do E.S., respeitante aos dois Cursos Gerais (de Ciências Naturais e de Ciências e Tecnologias) e, em particular, no que aos saberes da Física e da Química diz respeito (ME, 2001).

⁶ Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.

Assim, pretende-se que através desta disciplina os alunos possam:

- *Aumentar e melhorar os conhecimentos em Física e Química;*
- *Compreender o papel do conhecimento científico, e da Física e Química em particular, nas decisões do foro social, político e ambiental;*
- *Compreender o papel da experimentação na construção do conhecimento (científico) em Física e Química;*
- *Desenvolver capacidades e atitudes fundamentais, estruturantes do ser humano, que lhes permitam ser cidadãos críticos e intervenientes na sociedade;*
- *Desenvolver uma visão integradora da Ciência, da Tecnologia, do Ambiente e da Sociedade;*
- *Compreender a cultura científica (incluindo as dimensões crítica e ética) como componente integrante da cultura actual;*
- *Ponderar argumentos sobre assuntos científicos socialmente controversos;*
- *Sentir-se melhor preparados para acompanhar, no futuro, o desenvolvimento científico e tecnológico, em particular o veiculado pela comunicação social;*
- *Melhorar as capacidades de comunicação escrita e oral, utilizando suportes diversos, nomeadamente as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC);*
- *Avaliar melhor, campos de actividade profissional futura, em particular para prosseguimento de estudos.*

O programa da disciplina pretende cobrir, ao longo dos dois anos, um conjunto de temas e conceitos de Química e de Física importantes para a consolidação, pelos alunos, de um modo de compreender, ainda que simplificado, alguns fenómenos naturais ou provocados, numa perspectiva de cidadania e que permita uma escolha consciente de uma carreira futura ligada (ou não) a este estudo (ME, 2001).

Foram seleccionadas aprendizagens estruturantes relativas ao essencial, para que os alunos compreendam que o conjunto de explicações usadas em Física e em Química constitui uma ferramenta importantíssima para a interpretação do mundo como hoje existe, a natureza dos fenómenos que lhe terão dado origem e a previsão da sua evolução segundo diversos cenários. No entanto, tais explicações serão sempre uma possível visão dos problemas já que a compreensão da Natureza é multi e interdisciplinar (ME, 2001).

Quanto à componente de Química, no final do 11º ano os alunos deverão ter alcançado uma visão sobre:

- a diversidade de substâncias existentes (famílias - grupos funcionais; estrutura -ligação química; composição – elementos químicos)
- a interpretação química sobre a organização do mundo material (Tabela Periódica dos Elementos Químicos; estrutura atómica – alguns modelos)
- a natureza das reacções químicas que podem ocorrer (reacções de ácido-base, de precipitação, de oxidação-redução) e modelos interpretativos (equilíbrio químico).

Na componente de Física, no final do 11º ano os alunos deverão ter alcançado uma visão sobre:

- a Lei da Conservação da Energia (em áreas como a Termodinâmica, a Mecânica e a Electricidade) numa perspectiva de educação ambiental
- a informação através das telecomunicações baseada na propagação ondulatória (luz e som)
- as relações entre as forças e os seus efeitos (em particular, os movimentos).

Não é pretendido um nível de especialização muito aprofundado, deseja-se que os alunos alcancem um desenvolvimento intelectual e bases de conhecimento (importantes para uma cultura científica a construir ao longo da vida) que permitam aceder, com a formação adequada, às disciplinas de Física e de Química de carácter opcional, no 12º ano (ME, 2001).

1.4.1 A importância de aprender Física

A Física (do grego *physis*, natureza) é a ciência que estuda a natureza no sentido mais amplo, centra a sua atenção no funcionamento de todo o universo.

Os físicos estudam as propriedades da matéria, a energia, o tempo, o espaço e as interações entre eles, expressando as leis que regem estes fenómenos com fórmulas matemáticas deduzidas a partir de observações e medidas realizadas segundo o método científico.

Nas nossas vidas diárias, necessitamos de fontes de energia; necessitamos de segurança, paz, estabilidade e conforto; precisamos de informação e necessitamos também de educação, um factor importante quando se trata de garantir a nossa sobrevivência. Também necessitamos de comunicar, quer seja através de telefone, quer seja através da rádio e televisão.

Muitos do desenvolvimento tecnológico conseguido até hoje, passa e passou pelos avanços científicos, nomeadamente, no domínio da Física. Um olhar atento para o nosso dia a dia, para as nossas casas, escritórios, ruas, edifícios, cidades, permite ilustrar o modo como as nossas vidas se tornam mais fáceis com os contributos da Física.

Portanto, é um facto que a ciência física traz grandes benefícios ao ser humano, logo faz sentido uma educação em Física que lhe proporcione o conhecimento básico acerca da ciência/tecnologia com que lida diariamente e sobre os modos de produção dessa mesma tecnologia.

A educação em Física será relevante e promotora do desenvolvimento se os conhecimentos e instrumentos que proporciona estiverem intimamente relacionados com as necessidades básicas humanas, se permitirem resolver problemas e acima de tudo tornarem a vida mais simples e confortável.

A Física, assim como as outras Ciências, dá-nos uma nova visão do mundo e a capacidade de o transformar, pelo que o seu impacto cultural é inegável.

1.5 Fundamentação sobre a escolha do tema: *Abordagem CTS das Radiações Electromagnéticas Não Ionizantes*

A reflexão que tem vindo a ser desenvolvida a partir dos anos 80, à escala internacional, sobre as finalidades da educação científica dos jovens levou a que cada vez mais se acentuem perspectivas mais culturais sobre o ensino das ciências. O seu objectivo é a compreensão da Ciência e da Tecnologia, das relações entre uma e outra e das suas implicações na Sociedade e, ainda, do modo como os acontecimentos sociais se repercutem nos próprios objectos de estudo da Ciência e da Tecnologia. Este tipo de ensino privilegia o conhecimento em acção (por oposição ao conhecimento disciplinar) e é conhecido por “ensino CTS” (Ciência – Tecnologia - Sociedade) ou "CTS-A" (Ciência - Tecnologia – Sociedade e Ambiente) dada a natureza ambiental dos problemas escolhidos para tratamento. Trata-se de uma visão externalista do ensino da Ciência estruturada em torno de duas ideias principais:

- i. A compreensão do mundo na sua globalidade e complexidade requer o recurso à interdisciplinaridade com vista a conciliar as análises fragmentadas que as visões analíticas dos saberes disciplinares fomentam e fundamentam. As visões disciplinares serão sempre complementares (ME, 2001).
- ii. Escolhem-se situações - problema do quotidiano, familiares aos alunos, a partir das quais se organizam estratégias de ensino e de aprendizagem que irão reflectir a necessidade de esclarecer conteúdos e processos da Ciência e da Tecnologia, bem como das suas inter-relações com a Sociedade, proporcionando o desenvolvimento de atitudes e valores. A aprendizagem de conceitos e processos é de importância fundamental mas torna-se o ponto de chegada, não o ponto de partida. A ordem de apresentação dos conceitos passa a ser a da sua relevância e ligação com a situação/problema em discussão (ME, 2001).

A educação CTS pode assumir uma grande variedade de abordagens, mas a abordagem problemática tem sido a mais usada nos currículos. Nela utilizam-se grandes temas/problema da actualidade com contextos relevantes para o desenvolvimento e aprofundamento dos conceitos.

Na construção dos actuais programas de Física e Química esta posição foi tida em consideração, sendo sugerido a inclusão de:

- * conteúdos científicos permeados de valores e princípios;
- * relações entre experiências educacionais e experiências de vida;
- * combinação de actividades de formatos variados;
- * envolvimento activo dos alunos na busca de informação;
- * recursos exteriores à escola (por ex.: visitas de estudo devidamente preparadas);
- * temas actuais com valor social, nomeadamente problemas globais que preocupam a humanidade.

É com base nestes princípios que surge a ideia orientadora deste trabalho, o tema *Abordagem CTS das Radiações Electromagnéticas Não Ionizantes*, vai ao encontro de um assunto actual, global e problemático.

O progresso humano tem intensificado, durante o último século, é cada vez maior a exposição do homem a campos electromagnéticos cujas intensidades são muito maiores do que o campo magnético terrestre. Em casa temos vários electrodomésticos cujo funcionamento se baseia na existência de campos magnéticos, na rua temos os campos produzidos pelas linhas de transporte de electricidade, as estações de base de telemóveis, o telemóvel, o Wireless etc. Algumas profissões estão particularmente expostas a campos electromagnéticos: electricistas, telefonistas, reparadores de telefones, etc.

Um dos principais riscos criados por esta sociedade em que vivemos e que representa uma grande ameaça para a saúde é o “electrosmog⁷”. Esta forma de poluição electromagnética gerada por *radiações electromagnéticas não ionizantes* de origem tecnológica é particularmente insidiosa, na medida em que não é detectada pelos nossos sentidos, o que contribui para, de alguma forma, promover uma atitude de despreocupação no que diz respeito à protecção individual.

Radiações electromagnéticas não ionizantes ($\lambda \geq 200$ nm, radiações de menor energia que a radiação UV - Figura I.3), como o nome indica são as radiações que não produzem ionizações, ou seja, não possuem energia capaz de arrancar electrões de átomos ou moléculas com as quais interagem.

⁷ Termo inglês para *nevoeiro electrónico* (poluição radiada).

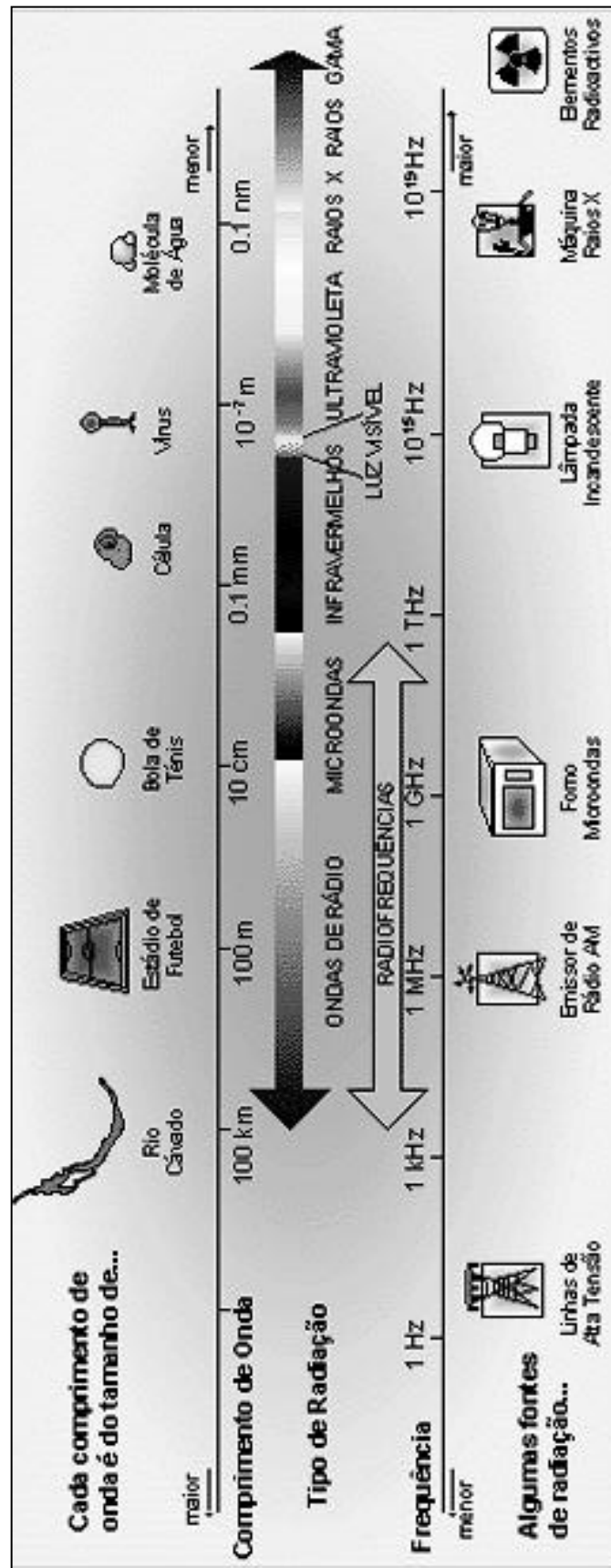


Figura 1.3 – Extracto do espectro electromagnético

A natureza desta forma de poluição é tal que não existe literalmente qualquer “fuga possível”. Além disso, dado que o período de exposição do homem a este fenómeno é relativamente recente, não desenvolvemos qualquer imunidade contra os efeitos nocivos para o nosso organismo ou contra eventuais interferências com os processos electromagnéticos naturais dos quais parece depender a homeostase (*da biologia*: adaptação à mudança), como por exemplo, a ressonância Schumann. Homeostase é a propriedade dum sistema aberto de regular o seu ambiente interno de modo a manter uma condição estável mediante múltiplos ajustes dum equilíbrio dinâmico controlados por uma interacção de mecanismos de regulação. Por exemplo, todos os organismos, unicelulares e multicelulares, exibem homeostase. A ressonância de Schumann consiste num campo electromagnético fraco existente na cavidade entre a superfície terrestre e a ionosfera, com oscilações ressonantes a frequências próximas dos ritmos de frequência da actividade cerebral e cuja ausência provoca danos para a saúde.

A diferença entre os campos electromagnéticos gerados pelos meios tecnológicos e os campos magnéticos naturais reside no seu grau de coerência, que nos primeiros é muito mais elevado. Isto significa que as suas frequências estão particularmente bem definidas, sendo, deste modo, mais facilmente perceptíveis pelos organismos vivos, incluindo o homem. Isto aumenta de forma significativa a sua intensidade biológica, bem como a sensibilidade aos vários tipos de influências não térmicas e de frequências específicas, contra as quais, as actuais Directrizes de Segurança – tais como as estabelecidas pela Comissão Internacional para a Protecção contra as Radiações Não Ionizantes (*ICNIRP*) – não conferem qualquer protecção. As referidas Directrizes não asseguram, deste modo, nenhuma protecção contra os efeitos nocivos para a saúde decorrentes *principal e especificamente* das influências que a frequência dos campos possam ter no organismo humano.

Assim, é por esta e outras razões, necessário considerar estratégias que não incidam nos campos em si, mas sim nas pessoas expostas às radiações e conceber medidas de protecção que proporcionem um grau de imunidade superior ao actual. Estas estratégias estão actualmente a ser desenvolvidas e já se encontram disponíveis no mercado uma série de dispositivos de protecção, embora, muitas vezes, a sua eficácia não tenha sido demonstrada de forma adequada. (Podemos, por exemplo, estabelecer um paralelismo com a estratégia farmacológica destinada a assegurar a protecção contra infecções bacterianas que consiste, por exemplo, em tomar vitamina C para fortalecer o sistema imunológico, em vez de usar uma máscara de protecção para reduzir a intensidade do campo bacteriano a que as pessoas estão expostas).

A eficácia das actuais Directrizes de Segurança poderia ser reforçada se todas as considerações sobre a compatibilidade electromagnética (CEM) entre as radiações electromagnéticas e os equipamentos electrónicos fossem também aplicadas ao *organismo humano*, enquanto instrumento electromagnético *por excelência*. A definição de um programa

ambicioso no domínio da *biocompatibilidade electromagnética*⁸ constitui uma tarefa importante para o século XXI, que não poderemos protelar sob pena de que tal reverta a nosso desfavor.

As radiações microondas do tipo das usadas nos telemóveis, têm outros efeitos além do aquecimento. É reconhecido e aceite (no contexto da chamada Compatibilidade Electromagnética), a interferência que esta radiação pode ter nos equipamentos electrónicos. Este facto é ilustrado pela proibição do uso de telemóveis em aviões e hospitais, nos lugares onde os seus sinais podem interferir com sistemas de controlo de aviões, ou equipamento médico.

Existe actualmente uma preocupação generalizada por parte do público relativamente aos possíveis efeitos nocivos para a saúde decorrentes de uma exposição prolongada ou não ao “*electrosmog*”. Esta preocupação incide especialmente sobre os cabos aéreos e subterrâneos de transporte de electricidade e sobre os telemóveis. O público continua céptico, com alguma razão, perante os discursos tranquilizadores dos Governos e da indústria, sobretudo devido à forma pouco esclarecedora como por vezes actuam.

Questões como estas, ligadas à saúde e ao ambiente - desde as radiações aos campos electromagnéticos, passando pela compatibilidade electromagnética, entre outras - que por vezes são difíceis de perceber, devem ser clarificadas para auxiliar o cidadão a fazer escolhas mais conscientes.

1.6 Definição do problema em estudo e dos objectivos a atingir

Há, actualmente, um amplo consenso de que o ensino das ciências deverá promover uma educação em ciências de tal forma que os alunos possam compreender interacções CTS e reconhecer a importância da ciência para a discussão, debate e tomada de decisões responsáveis, como indivíduos e cidadãos, acerca de assuntos científicos na vida em sociedade.

Face à influência crescente da ciência e da tecnologia nas condições de vida da Humanidade, a educação em Física e em Química a um nível secundário tem hoje de ser equacionada como uma forma de contribuir para que os alunos desenvolvam as competências necessárias a uma formação que lhes permita actuarem no futuro como consumidores esclarecidos e cidadãos capazes de se tornarem intervenientes responsáveis na resolução dos problemas do dia a dia, pessoais e da comunidade, que envolvam conhecimentos científicos e tecnológicos.

O movimento CTS é uma das áreas da investigação em didáctica das ciências que se tem dedicado à reflexão sobre as finalidades e objectivos da educação em ciências, e se parece haver um consenso quanto à pertinência destas propostas no que se refere aos seus fins, o mesmo não acontece já quanto ao modo de pô-las em prática.

⁸ Biocompatibilidade eletromagnética: compatibilidade entre as frequências dos telemóveis e o organismo humano vivo.

São exemplo disso os próprios adjectivos usados para as traduzir, tais como, ciência para todos, alfabetização científica, cultura científica, literacia científica, educação para a acção e as variadas propostas a nível dos currículos que vão surgindo um pouco por toda a parte (Serrano, 1996).

Apesar da discussão e da controvérsia gerada em torno da implementação de projectos CTS, as orientações para o ensino das ciências propõem que se parta da resolução de problemas do dia a dia de modo a fazer os alunos sentirem a necessidade de aprendizagem de conceitos (úteis) para lidar com esses problemas. A construção destes conceitos implica certamente o desenvolvimento da criatividade, dos atributos, dos interesses e motivações.

Tendo em conta as sugestões da investigação em didáctica das ciências em especial no que concerne ao ensino CTS e as recomendações do actual programa da disciplina de Física e Química, torna-se pertinente, neste caso, repensar o ensino da Física.

Portanto, este trabalho de investigação parte dos pressupostos que:

- *A concepção e a execução de propostas de ensino no quadro CTS são promotoras de aprendizagens não só no domínio conceptual como também do tecnológico e social;*
- *No ensino da física, a utilização de contextos familiares aos alunos, é motivadora de aprendizagens e contribui para a formação de cidadãos capazes de pensar e de tomar decisões não apenas de natureza científica, mas também social, política e económica, face a problemas que exigem atitudes responsáveis por parte de todos.*

Assim o problema em estudo foi definido sob a forma de objectivo geral que se traduz em:

Conceber Estratégias CTS de Sala de Aula para o Ensino Secundário, no Âmbito do Ensino da Física.

Este objectivo geral pode ser alcançado através dos seguintes objectivos específicos:

- *Conceber os recursos didácticos, contemplando estratégias no quadro CTS, necessárias à implementação de uma unidade temática do ensino secundário, concretamente, a unidade 2 do 11º ano de escolaridade – Comunicações;*
- *Avaliar os materiais didácticos concebidos (sob o ponto de vista da pertinência dos temas propostos, das metodologias sugeridas, da diversidade de actividades apresentada, da adequação das estratégias ao nível etário e ao programa, entre outros).*

1.7 Linhas Gerais do Estudo

De um modo geral este tipo de estudo é composto por um conjunto de etapas gerais, complementares entre si e organizadas do modo ilustrado no esquema (Figura I.4).

I – DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	- Orientações curriculares: que programas, que princípios, que finalidades?
II – PLANIFICAÇÃO	- Elaboração de recursos didácticos contemplando estratégias de orientação CTS
III – EXECUÇÃO	- Validação dos materiais didácticos concebidos.
IV – OBSERVAÇÃO	- Avaliação das estratégias no que respeita à adequação, pertinência, entre outros.
V – REFLEXÃO	- Implicações para o Ensino da Física

Figura I.4 – Esquema global de um estudo deste tipo.

Tendo em conta a natureza do estudo em questão, a metodologia de investigação adoptada é, predominantemente, qualitativa.

Uma vez definido o modelo metodológico adoptado (característico deste tipo de estudo), torna-se necessário explicitar as diferentes etapas a seguir, os respectivos objectivos e os procedimentos específicos.

Na tabela I.4 apresenta-se a descrição das actividades realizadas e o respectivo momento do estudo.

Tabela I.2 – Descrição das etapas do estudo

Etapas do estudo	Descrição
1ª - Delimitação do problema	<ul style="list-style-type: none"> -Definição do problema em estudo: <i>Concepção de Estratégias CTS para aplicar no contexto sala de aula – âmbito Ensino da Física</i>, através da reflexão sobre a sociedade e o mundo actual em que vivemos, com base em diversas leituras e com base na experiência pessoal. -Pesquisa de literatura sobre o tema geral das Radiações Electromagnéticas Não Ionizantes. -Análise do programa da disciplina do Física e Química A, do 11º ano de escolaridade. - Constituição de um quadro teórico de referência para a planificação de estratégias de ensino-aprendizagem.
2ª - Planificação e construção de materiais didácticos	<ul style="list-style-type: none"> -Definição dos objectivos específicos de cada actividade (capítulo III). -Idealização das metodologias de trabalho de acordo com as actividades propostas (capítulo IV). -Elaboração dos materiais didácticos, de acordo com os aspectos definidos, contemplando estratégias CTS que servissem de apoio ao tema <i>Comunicações</i> – do 11º ano do ensino secundário.
3ª - Execução e observação	<ul style="list-style-type: none"> -Definição da amostra de professores que validará os recursos didácticos elaborados e construção de um instrumento de validação dos mesmos. -Avaliação dos recursos concebidos, mediante critérios de avaliação previamente definidos, durante a execução de um <i>Workshop</i> realizado com um conjunto de professores do ensino secundário da área das Ciências Físico-Químicas. -Recolha das opiniões dos professores sobre os recursos didácticos em análise.
4ª - Reflexões e conclusões	<ul style="list-style-type: none"> -Observação e análise das opiniões dos professores sobre os recursos didácticos. -Reflexão, tendo em conta as conclusões deste estudo, sobre o uso de metodologias como as apresentadas (de âmbito CTS) para o ensino actual da Física. -Discussão das limitações do estudo e apresentação de sugestões para futuras investigações.

1.7.1 Organização do estudo

Como já referimos foi propósito deste estudo a construção de recursos didácticos que possibilitem a abordagem de conteúdos programáticos de Física, concretamente do 11º ano de escolaridade, sob uma perspectiva CTS. Para tal, foi feita, numa fase preliminar, uma pesquisa bibliográfica, apresentada no capítulo II – Problema em Estudo, baseada em artigos maioritariamente disponíveis em formato electrónico (na Internet).

Estes artigos encontram-se em páginas de organizações (nacionais e internacionais) que são responsáveis pela medição, controle, fiscalização dos limites estabelecidos para a exposição às Radiações Electromagnéticas. Outros artigos, são divulgados (também em formato electrónico) por associações ou organizações que se dedicam ao estudo e investigação dos efeitos das radiações electromagnéticas sobre os seres humanos.

Nesta fase preliminar, que permitiu fundamentar teoricamente o estudo a desenvolver, foram analisados:

- aspectos científicos (físicos, biológicos, entre outros) relacionados com o tema;
- aspectos sociais e humanos (efeitos sobre a saúde do ser humano, sobre o ambiente, e outros).

No final do capítulo (II) apresentamos uma breve análise do problema das Radiações Electromagnéticas, concretamente da poluição electromagnética e das controvérsias frequentemente surgidas à volta da questão, principalmente, devido à sua divulgação nos meios de comunicação social.

No capítulo III – As Radiações Electromagnéticas e a Comunicação Social, tentámos focar a atenção para alguns casos particulares que mereceram atenção por parte dos meios de comunicação devido às preocupações sentidas e manifestadas pela sociedade em geral.

Após esta fase preliminar analisámos o actual programa da disciplina de Física e Química do 11º ano, capítulo III – Análise do programa actual de Física do 11º ano, com a perspectiva de aferir quais os conceitos científicos (de Física) que é previsto serem adquiridos pelos alunos e quais as competências que estes deverão ser capazes de desenvolver no final do ensino secundário. Verificámos, entre outras coisas, que os autores do programa pretendem que a Física, neste grau de aprendizagem, seja *um instrumento com que os alunos possam alcançar um modo de interpretação do mundo que os rodeia e de compreender como esse conhecimento foi sendo conseguido*. Foi com estas ideias em mente que procedemos à elaboração dos materiais didácticos, apresentados no capítulo III – Planificação e Concepção dos Materiais Didácticos.

No capítulo IV – Validação dos Materiais Didácticos, serão apresentadas as opiniões recolhidas dos professores intervenientes no processo de avaliação dos recursos concebidos. Os professores foram convidados a participar num *Workshop* que teve como finalidade a apreciação dos recursos didácticos desenvolvidos e a avaliação dos mesmos segundo parâmetros previamente estabelecidos.

Também no capítulo IV, são descritos todos os procedimentos, que tiveram lugar, para se proceder ao processo de validação das actividades apresentadas.

No último capítulo, o V, apresentam-se as conclusões que se podem retirar do estudo, as limitações do mesmo e algumas sugestões para futuras investigações.

Para terminar, gostaríamos de salientar que alguns dos assuntos, focados ao longo do estudo e, particularmente, aqueles cujos documentos apresentamos na secção de anexos, não têm como objectivo ser apresentados aos alunos. Decidimos abordar e apresentar, neste trabalho, assuntos cujos conceitos estão directamente relacionados com o tema em estudo, e que deverão estar ao nível do conhecimento dos alunos, como também assuntos cujos conceitos estão directamente relacionados com o tema mas, por outro lado, deverão ser, acima de tudo, do domínio do conhecimento dos professores.

Capítulo II

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO ESTUDO

2.1 Introdução

Neste capítulo pretende-se, através de uma revisão de literatura, fundamentar teoricamente o estudo das radiações electromagnéticas não ionizantes e desenvolver uma abordagem CTS de modo a enquadrar este assunto programa da componente de Física, do 11º ano de escolaridade, da disciplina de Física e Química.

Em primeiro lugar, desenvolve-se uma pesquisa sobre alguns trabalhos de investigação já realizados sobre o assunto das Radiações Electromagnéticas Não Ionizantes, mais concretamente, sobre os seus efeitos na saúde das pessoas. Em seguida, fazemos referência a outros factores de preocupação relacionados com a Radiações Electromagnéticas, como por exemplo, as linhas de alta tensão e, por último, reflecte-se sobre a forma como este tema é abordado pela comunicação social.

2.2 Radiação Electromagnética

Ao conjunto de ondas/partículas que se propagam no espaço (à velocidade da luz) transportando energia dá-se o nome de radiação electromagnética. A radiação electromagnética ocorre naturalmente no Universo e, como tal, está, e sempre esteve presente na Terra. O Sol, por exemplo, é a fonte (natural) de radiação electromagnética mais intensa a que estamos expostos. Por outro lado, o crescimento tecnológico, as mudanças no comportamento social e nos hábitos de trabalho (próprios de uma sociedade em evolução) criaram um ambiente crescentemente exposto a outras fontes de radiação electromagnética. Estas fontes foram criadas artificialmente pelo homem e são, por exemplo, as antenas dos sistemas de telecomunicações, as linhas de alta tensão, os aparelhos eléctricos, etc.

Assim, a luz visível, os raios X, as vulgarmente chamadas “ondas de rádio” e as “microondas” são formas possíveis de radiação electromagnética, correspondendo a propagação de energia pelo espaço a velocidades da ordem de 300 000 km/s, sem necessidade de suporte físico.

A figura II.1 representa uma larga gama de frequências e comprimentos de onda da radiação electromagnética: denomina-se por espectro electromagnético.

Toda a radiação electromagnética pode ser caracterizada por um comprimento de onda e um *quantum* de energia (fotão). Desta forma, a respectiva frequência está relacionada com o comprimento de onda pela expressão: $f = c / \lambda$, sendo,

c = velocidade da luz ($\approx 3 \times 10^8$ m/s)

f = frequência, em Hz (número de ciclos por segundo)

λ = comprimento de onda, em m (distância entre dois máximos consecutivos de uma onda electromagnética)

Pela análise da expressão verifica-se, que quanto mais pequeno é o comprimento de onda maior é a frequência.

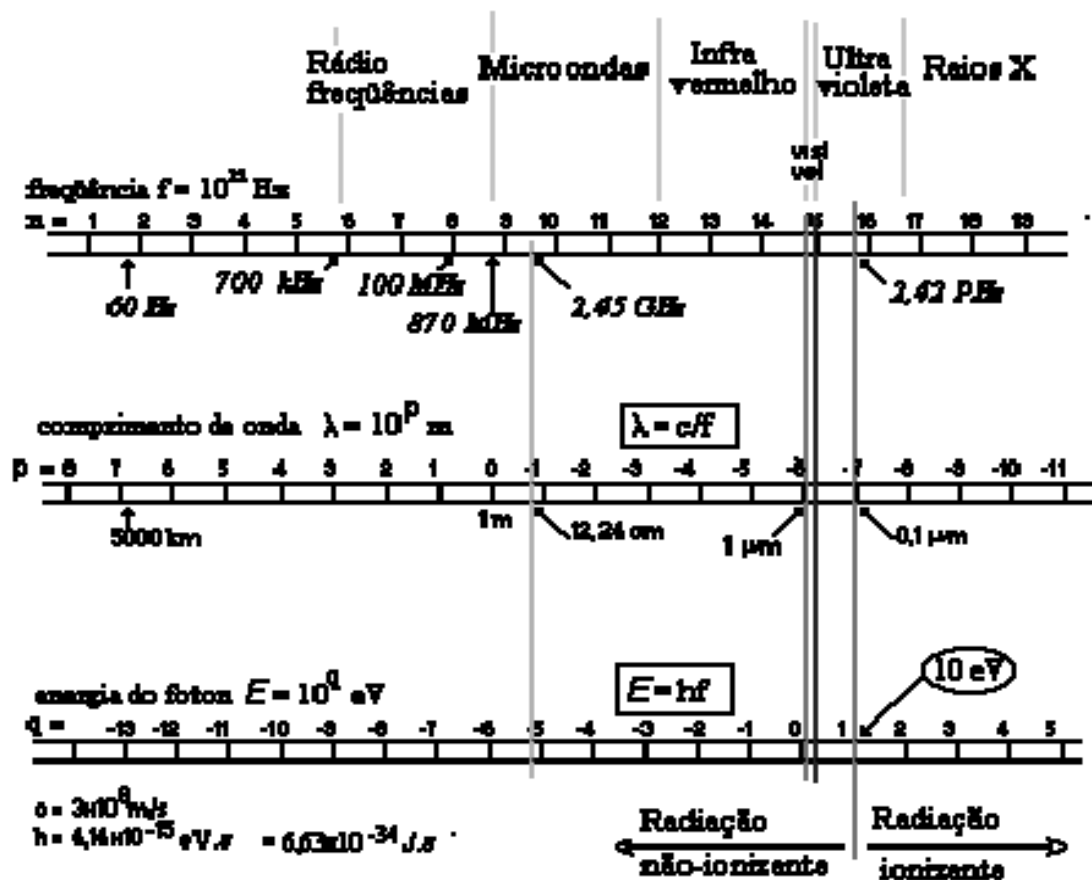


Figura II.1 – Espectro electromagnético.

Cada parte do espectro electromagnético tem aplicações que lhe estão associadas, que vão desde as linhas de alta tensão que funcionam em 50/ 60 Hz, até aos raios X e raios gama que têm frequências muito altas, e comprimentos de onda muito curtos (figura II.1). Entre estes extremos de frequências, encontram-se as ondas de rádio, as microondas, a radiação infravermelha, a luz visível e a radiação ultravioleta.

A parte de radiofrequência do espectro electromagnético ocupa as frequências entre os 3 kHz e os 300 GHz (figura II.1). As aplicações principais da gama de radiofrequência do espectro electromagnético centram-se na área das telecomunicações: são exemplos a difusão de rádio e televisão, os sistemas de comunicações móveis, os sistemas de comunicação das forças militares e de segurança, e as comunicações por satélite.

As radiofrequências são utilizadas também em radares, nos fornos micro-ondas, em sistemas de aquecimento industrial, ou na medicina, entre outros.

2.3 Campos Electromagnéticos

Um campo electromagnético está associado à radiação electromagnética e resulta da combinação de dois campos: eléctrico e magnético. Engloba a gama de frequências de 0 a 300 GHz, incluindo os campos estáticos, os campos de frequência extremamente baixa (FEB) e os campos de radiofrequência (RF) e microondas. Os campos electromagnéticos são gerados cada vez que é produzida, transportada ou consumida energia eléctrica.

O campo eléctrico (\vec{E}) é a grandeza física que dá origem à força exercida sobre uma carga eléctrica pontual em repouso, e existe sempre que se verifique uma diferença de potencial eléctrico. Quanto maior a diferença de potencial, maior será a intensidade do campo eléctrico. Um campo eléctrico existe sempre que existam cargas eléctricas resultantes, isto é, o número de cargas positivas e negativas seja diferente.

A intensidade do campo eléctrico é medida em volt por metro (V/m).

O campo magnético (\vec{H}) resulta do fluxo de cargas eléctricas (corrente) através dos cabos ou aparelhos eléctricos, aumenta de intensidade à medida que a intensidade da corrente aumenta e diminui, com o aumento da distância à fonte. É medido em ampere por metro (A/m).

Para além disso, existe ainda o campo de densidade de fluxo magnético (\vec{B}) ou indução magnética, que se relaciona com o campo magnético através da expressão $B = \mu_0 H$, em que μ_0 é a chamada permeabilidade magnética do vazio e tem o valor $1,26 \times 10^{-6}$ Henry/m, para o ar e para os tecidos humanos pode considerar-se a permeabilidade magnética constante isto é, de valor aproximado ao do vazio ($\mu \approx \mu_0$), tornando-se assim necessário apenas medir uma das grandezas \vec{B} ou \vec{H} .

A unidade no S.I. de \vec{B} é o Tesla (T), no entanto, muitas vezes, usam-se submúltiplos das unidades base como, por exemplo, militesla (mT), microtesla (μT) e nanotesla (nT). Outra unidade muito usada também é o Gauss (do sistema CGS⁹) que é igual a 10^{-4} Tesla.

Apesar de os campos eléctricos e magnéticos diminuírem com o aumento da distância, os campos eléctricos são facilmente neutralizados ou enfraquecidos por elementos condutores (por ex. árvores, edifícios, pele humana), os campos magnéticos, no entanto, já não são tão facilmente neutralizados (figura II.3).

⁹ O sistema CGS de unidades é um sistema de unidades de medidas físicas onde as unidades de base são o centímetro para o comprimento, o grama para a massa e o segundo para o tempo. CGS é portanto um acrónimo para centímetro – grama – segundo. Este sistema de unidades físicas antecedeu o Sistema Internacional de Unidades (SI). O sistema CGS ainda é usado, principalmente porque muitas fórmulas do electromagnetismo são mais simples em unidades CGS, mas também porque boa parte da antiga literatura de Física usa essas unidades.

A baixas frequências¹⁰ os campos eléctrico (\vec{E}), e magnético (\vec{H}), são considerados separadamente e surgem, por exemplo, da produção, transporte, distribuição e utilização de electricidade, fazendo-se sentir nas vizinhanças dos cabos eléctricos (figura II.2). Além disso, surgem também nas proximidades de qualquer equipamento doméstico, de serviços ou industrial que produza electricidade.

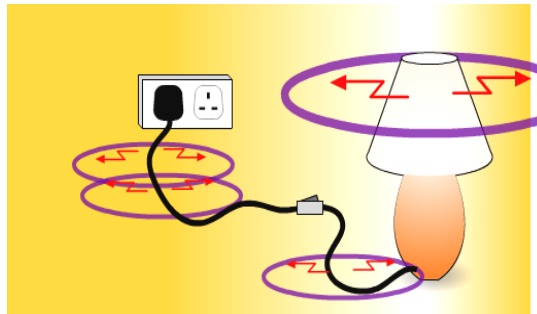


Figura II.2 – Os campos, eléctrico e magnético, coexistem quando a corrente eléctrica (corrente alternada) percorre os fios condutores. O campo magnético surge apenas quando se estabelece a corrente eléctrica. Adaptado de Health Protection Agency (2006). Understanding Radiation.

Os campos eléctricos podem ser reduzidos pela inclusão de protecções ou revestimentos, particularmente metálicos, Gaiolas da Faraday (figura II.3). Os campos eléctricos provocados pelas linhas de alta tensão podem ser atenuados pela interposição de muros, edifícios e árvores (que se comportam como condutores ligados à terra, fazendo portanto a descarga eléctrica, figura II.4).

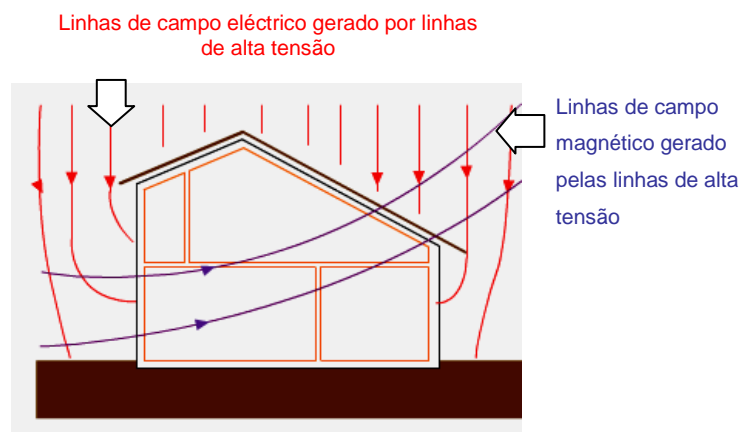


Figura II.3 – Os campos magnéticos atravessam a maioria dos materiais. Adaptado de Health Protection Agency (2006). Understanding Radiation.

¹⁰ Os campos dividem-se em duas categorias: *baixas frequências* (até aproximadamente 30kHz) e *altas frequências* (de 30kHz a 300GHz). Acima desta gama de frequências encontra-se o espectro de infravermelhos, luz visível, ultravioleta, raios-X e raios gama, por ordem crescente de frequência.

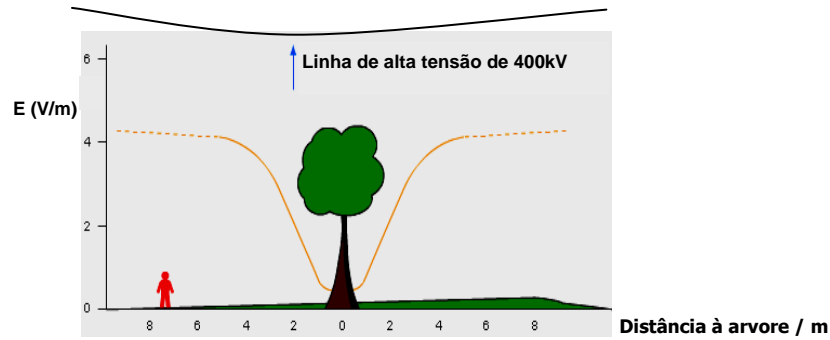


Figura II.4 – Se as linhas de alta tensão forem enterradas não produzem qualquer campo eléctrico à superfície. Adaptado de Health Protection Agency (2006). Understanding Radiation.

Os campos magnéticos não são atenuados pela interposição de árvores, muros ou edifícios, eles passam através de todos os materiais de construção conhecidos.

São necessários materiais com elevada permeabilidade magnética, como espessas placas de metálicas ou ligas especiais, de ferro ou níquel, para conter da melhor forma possível a fonte de modo a obter-se protecção. Portanto, enterrar os cabos eléctricos não reduz os campos magnéticos da mesma forma que reduz os campos eléctricos.

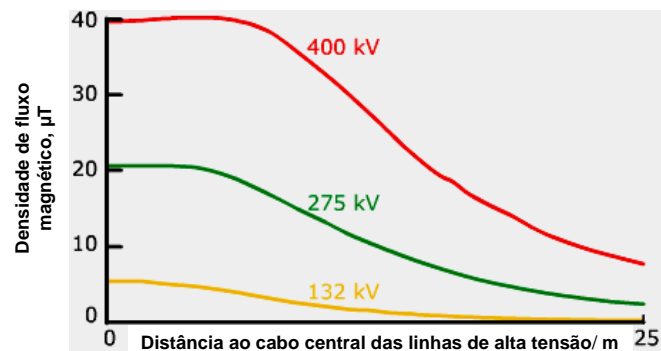


Figura II.5

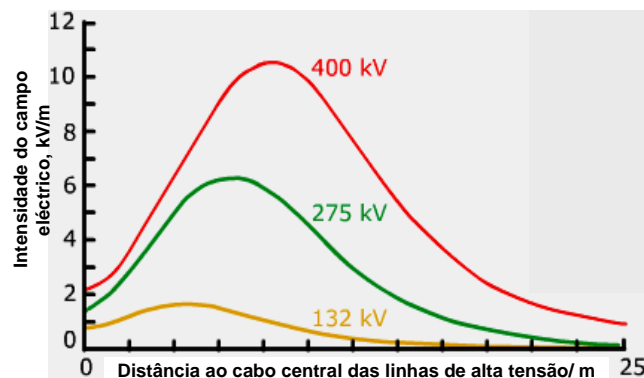


Figura II.6

Figuras II.5 e II.6 – variação da intensidade dos campos magnético e eléctrico com a distância às fontes de campo – linhas de alta tensão. O campo magnético diminui rapidamente com a distância a partir do centro linhas de alta tensão. Adaptado de Health Protection Agency (2006). Understanding Radiation.

2.3.1 Noção de Onda Electromagnética

A propagação da energia electromagnética faz-se através de *ondas electromagnéticas*, constituídas pelas entidades interdependentes: campo eléctrico, \vec{E} , e campo magnético, \vec{B} . Não é possível observar directamente os campos eléctricos e magnéticos, mas é possível observar os seus efeitos. Estes campos variam no espaço e no tempo, perpendicularmente entre si, e perpendicularmente à direcção em que se propagam, originando uma onda cuja designação vulgar é a de “onda electromagnética”. Uma representação possível desta onda pode ser a ilustrada na figura II.7.

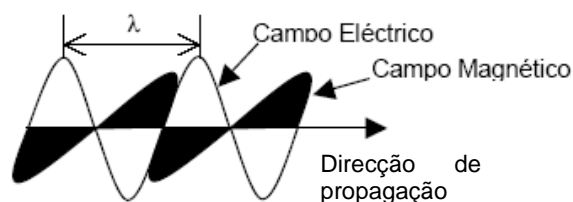


Figura II.7 – Onda electromagnética.

A altas-frequências¹⁰ (microondas e radiofrequências), os campos eléctricos e magnéticos são usualmente considerados em conjunto como componentes de uma mesma onda electromagnética. Telefones móveis, televisão, transmissores de rádio, fornos microondas e radares, originam campos de radiofrequências.

2.3.2 As Equações de Maxwell

Durante os séculos XVIII e XIX desenvolveu-se, a Teoria Electromagnética que partindo do estudo dos fenómenos eléctricos e magnéticos e das suas interacções, culminou com as equações de Maxwell e a verificação experimental da existência de ondas electromagnéticas por Hertz.

As equações de Maxwell relacionam o campo eléctrico (\vec{E}) e o campo magnético (\vec{B}), juntamente com suas variações no espaço (representadas pelo operador diferencial nabla — $\vec{\nabla}$) e no tempo $\frac{\partial}{\partial t}$. Nas equações de Maxwell aparecem também a *densidade de corrente* (\vec{J}), a *densidade de carga eléctrica* (ρ) e duas grandezas inerentes ao meio em que os campos eléctrico e magnético se propagam: a permissividade (ϵ) e a permeabilidade (μ); no caso do vácuo, aparece o índice (ϵ_0).

Tabela II.1 – Equações de Maxwell.

1. Lei de Gauss para o campo eléctrico	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
2. Lei de Faraday-Henry	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
3. Lei de Gauss para o campo magnético	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$
4. Lei de Ampère-Maxwell	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

O produto destes dois campos resulta na *densidade de potência*, S^{11} . A densidade de potência representa a potência incidente por unidade de área, normal à direcção de propagação. Esta grandeza é medida em Watt por metro quadrado (W/m^2). A densidade de potência é uma grandeza normalmente utilizada para frequências relativamente elevadas (radiações de radiofrequência e microondas), onde a *profundidade de penetração* no corpo é baixa.

A profundidade de penetração (figura II.8) da radiação depende da natureza do material que é atravessado pela radiação e da frequência da radiação incidente. Tipicamente para os materiais (incluindo tecidos vivos), a profundidade de penetração da radiação é inversamente proporcional à frequência (energia) da radiação incidente, isto é, quanto maior for a frequência da radiação menor a penetração no material.

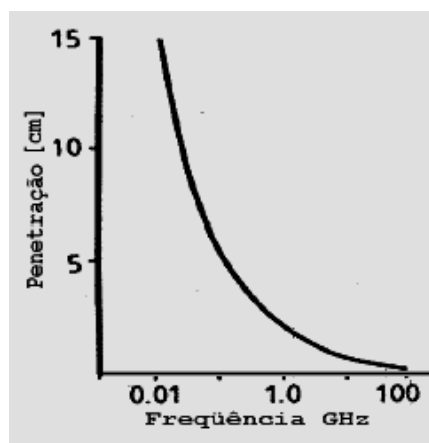


Figura II.8 – Variação da profundidade de penetração em tecidos vivos, com a frequência da radiação. Fonte: Viegas *et al.* (2005).

2.3.3 As Radiações Electromagnéticas Não Ionizantes

Conforme já referimos, toda a radiação electromagnética pode ser caracterizada por um comprimento de onda e pela sua frequência. Quanto maior for a frequência, menor será a

¹¹ $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$, sempre que \vec{E} e \vec{H} forem perpendiculares entre si, $S = E \cdot H$

distância entre dois pontos consecutivos na mesma fase de vibração, logo, mais pequeno será o comprimento de onda e maior será a energia (frequência) da onda.

Quando os comprimentos de onda são menores do que 0,1 mm (comprimentos de onda menores do que os da radiação ultravioleta – ver espectro, figura II.1) a energia da radiação é suficientemente intensa para quebrar as ligações moleculares e danificar a estrutura do material biológico. Esta é a chamada radiação electromagnética ionizante.

A ionização é um processo através do qual electrões são arrancados a átomos ou moléculas. Este processo pode gerar alterações ao nível da estrutura molecular, alterações que podem dar lugar a lesões nos tecidos biológicos, incluindo o material genético (ADN). Para que este processo tenha lugar é necessária a interacção com fotões de alta energia, como os dos raios X e dos raios gama. Diz-se então que os raios X e os raios gama são radiações ionizantes, e a absorção de um fotão destas radiações pode originar ionização e o conseqüente dano biológico.

A energia dos fotões associados às radiações de frequências mais baixas não é suficientemente elevada para causar ionização de átomos ou de moléculas. É por esta razão que aos campos electromagnéticos (CEM) de radiofrequência, da luz visível, da radiação infravermelha e das radiações electromagnéticas de frequência extremamente baixa (FEB) se denomina por *radiações não ionizantes*.

Os campos electromagnéticos criados pelo Homem, que possuem comprimentos de onda muito superiores a 0,1 mm, não conseguem quebrar as ligações moleculares razão pela qual são *radiações não ionizantes*.

As radiações electromagnéticas não ionizantes (ver espectro, figura II.1), têm início nos U.V. ($\lambda \approx 200\text{nm}$) passam pelo visível e infravermelho ($\lambda \approx 100\mu\text{m}$) para terminarem na zona de frequências muito baixas, como a da rede eléctrica ($\lambda \approx 5000\text{km}$). As frequências das radiações em que funcionam os telemóveis têm, por exemplo, comprimentos de onda de cerca de 30 cm.

2.3.4 Classificação dos Campos Electromagnéticos – CEM

Segundo Vargas, Úbeda *et al.* (2001), podemos salientar dois grandes grupos de fontes de exposição aos CEM não ionizantes, presentes nos ambientes quotidianos:

I – As fontes que geram campos de frequências inferiores a 3 kHz ($0\text{Hz} \leq f < 3\text{kHz}$), entre os quais se encontram, entre outras:

- as de “campos estáticos” (0 kHz): comboios de levitação magnética, sistemas de ressonância magnética para diagnóstico médico, entre outros.
- as fontes dos campos de frequências extremamente baixas ($30\text{Hz} \leq f < 300\text{Hz}$): equipamentos relacionados com a produção, transporte ou utilização de energia eléctrica de 50/ 60 Hz, linhas de alta e media tensão e electrodomésticos.

De 300 Hz a 3 kHz:

- antenas de radiodifusão modulada e equipamentos de soldadura, etc.

II – As fontes de radiofrequências ($3 \text{ kHz} \leq f < 300 \text{ GHz}$), são as seguintes:

De 3kHz a 30 kHz (VLF):

- antenas de radionavegação e radiodifusão modulada, monitores de computador, sistemas anti-roubo, etc.

De 30 kHz a 300 kHz (LF):

- reclamos luminosos, monitores, antenas de radiodifusão, comunicações marítimas e aeronáuticas, etc.

De 300 kHz a 3 MHz (HF):

- radiotelefonos marítimos, radiodifusão AM.

De 3 MHz a 30 MHz:

- antenas de radioamadores, sistemas anti-roubo, etc.

De 30 MHz a 300 MHz (VHF):

- antenas de radiodifusão, frequência modulada, antenas de estações de televisão, sistemas anti-roubo, etc.

De 300 MHz a 3 GHz (UHF):

- telefones móveis, antenas de estações base de telefones móveis, fornos microondas, sistemas anti-roubo, etc.

De 3 GHz a 30 GHz (SHF):

- antenas de comunicações via satélite, radares.

De 30 GHz a 300 GHz (EHF):

- antenas de radionavegação, radares, antenas de radiodifusão.

2.4 Os efeitos da exposição aos Campos Electromagnéticos

As telecomunicações móveis tiveram, nos anos mais recentes, um crescimento descomunal, tendo adquirido um lugar indispensável na sociedade. É principalmente devido a este tipo de desenvolvimento, que se pode afirmar que a sociedade está a mudar radicalmente. As pessoas podem, se desejarem, estar contactáveis em toda parte e a qualquer momento (naturalmente, dentro das potencialidades das redes de telecomunicações). O aparecimento de tecnologias que permitem a transmissão, a elevada velocidade, de grandes quantidades de dados possibilita a troca não só de conversação e de mensagens mas também de informação visual (imagens) e de outros ficheiros com grandes quantidades de informação. Com isto torna-se fácil o uso de videofones móveis e o acesso móvel à Internet.

Apesar de todos os benefícios reconhecidos, estes desenvolvimentos tecnológicos causam também muitas preocupações nas pessoas. Por exemplo, um assunto de interesse geral é se “a exposição crescente aos campos electromagnéticos gerados durante uma comunicação wireless poderá conduzir a problemas de saúde”. Os argumentos normalmente utilizados para debater este assunto são os de que o “ambiente electromagnético” do Homem está a mudar rapidamente, que o

corpo humano não foi “construído” para este tipo de ambientes e que este não se pode adaptar tão rapidamente quanto as mudanças estão a ocorrer. Consequentemente, tais mudanças teriam implicações adversas para o funcionamento do corpo humano. Por estes motivos e por outros que vêm surgindo é obviamente adequado apurar se há alguma evidência científica que comprove estas suposições.

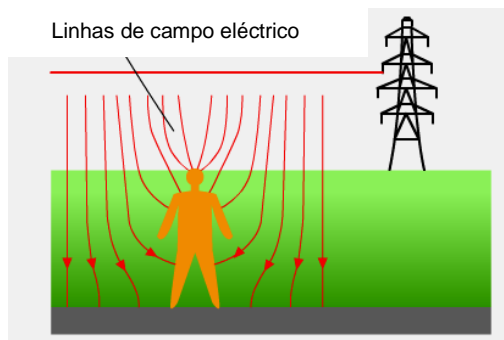


Figura II.9 – Os campos eléctricos criados por linhas de alta tensão, induzem cargas eléctricas à superfície do corpo humano. Nos valores de campo eléctrico mais elevados, algumas pessoas podem sentir pequenos choques e movimentos do cabelo. Adaptado de Health Protection Agency (2006). Understanding Radiation.

Os campos eléctricos de baixa frequência não penetram no corpo humano de forma significativa, mas, acumulam uma carga à sua superfície (figura II. 9). Como resultado, as correntes eléctricas flúem desde a superfície do corpo até ao solo (terra). Em campos eléctricos intensos, por exemplo debaixo de linhas aéreas de transporte de energia, algumas pessoas podem sentir este tipo de fenómeno que não se reveste de qualquer perigo mas pode provocar algum incómodo.

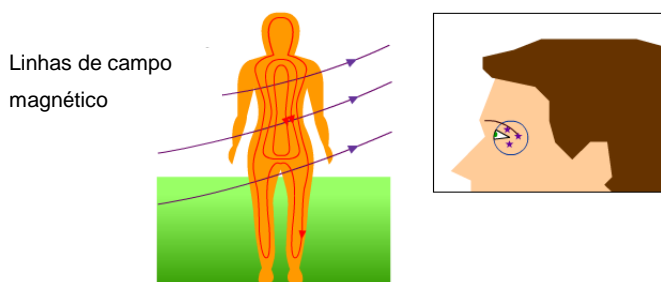


Figura II.10 - Os campos magnéticos induzem pequenas correntes eléctricas no corpo humano. Correntes induzidas superiores às causadas por um cabo de alta tensão comum, podem interferir com as funções do sistema nervoso e provocar pequenos flashes de luz nos olhos. Adaptado de Health Protection Agency (2006). Understanding Radiation.

Os campos magnéticos de baixa frequência podem facilmente penetrar no corpo provocando forças electromotrizas (f.e.m.) induzidas e a circulação de correntes. Estas correntes não se escoam necessariamente para a Terra (figura II.10), sobretudo se a pessoa estiver calçada com sapatos de sola de borracha (ou outro material isolante eléctrico). No caso de serem suficientemente intensas podem estimular os nervos e os músculos e afectar outros processos biológicos, por exemplo, a ilusão de ver luzes fracas e trémulas pode ser resultado do estímulo da

retina ocular. Esta situação ocorre como resultado da exposição a campos magnéticos intensos e só é detectada em condições de trabalho muito específicas (durante a soldadura eléctrica por exemplo). Em campos magnéticos ainda mais intensos, como os que se encontram em algumas situações experimentais ou clínicas, como por exemplo em exames de ressonância magnética, as correntes induzidas podem ser suficientemente intensas a ponto de causarem contracção ou torção muscular.

O aquecimento é o principal efeito biológico¹² dos campos electromagnéticos de alta-frequência (efeito usado por exemplo pelos fornos microondas). A intensidade dos campos a que a maioria das pessoas pode estar exposta é normalmente muito baixa não causando aquecimento ou aumento de temperatura do corpo. Contudo, a exposição acima dos valores recomendados pode provocar *stress* devido ao “calor”, especialmente se esta exposição se verificar durante o exercício de actividade física ou em ambientes quentes e húmidos. Neste caso pode ter lugar a diminuição de produtividade e o aumento do número de acidentes.

2.4.1 Fontes de C.E.M. a que o Homem pode estar exposto

Tabela II.2 – Resumo da grande variedade de radiações possíveis de encontrar na natureza e das várias aplicações práticas em que podem estar presentes.

NATURAIS		ARTIFICIAIS			
Extraterrestres Baixa Energia	Terrestres Alta Energia	Intencionais		Não Intencionais	
		Fontes Fixas	Fontes Móveis	Energia Eléctrica	Equipamentos Industriais, Médicos e de Consumo
Explosões Solares	Descargas Atmosféricas	Rádios AM / FM	Telefones Móveis	Linhas de Transmissão de Alta Tensão	Máquinas Industriais
Ruído Cósmico	Descargas Electrostáticas	TV VHF/UHF	Walkie-Talkies		Electrodomésticos
		Radares	Serviços de Comunicações Móveis	Transformadores	Máquinas de solda
		Ligações Digitais		Geradores	Equipamento Informático
					Lâmpadas
					Equipamento Médico

¹² Um efeito biológico é produzido quando a exposição aos CEM provoca uma resposta fisiológica detectável num sistema biológico. Um efeito biológico é nocivo para a saúde quando ultrapassa as possibilidades de compensação normal do organismo.

A presença de campos eléctricos e magnéticos de baixa intensidade faz parte de nosso quotidiano e a sua origem pode ser natural ou não, ou seja, a exposição a estas radiações pode ser classificada em duas categorias, conforme pode ser observado na tabela II.2.

2.4.1.1 Campos de baixas frequências originados pelos cabos eléctricos.

Nos centros urbanos das sociedades industrializadas existe uma presença omnipresente e crescente de CEM de frequências extremamente baixas (FEB).

Estes campos provêm principalmente do transporte e uso da energia eléctrica as chamadas frequências industriais (50/60 Hz). Os níveis de exposição permanente a estes campos dependem de diversos factores, tais como a distância aos cabos eléctricos locais, o número e tipo de electrodomésticos usados nas habitações, a configuração dos cabos eléctricos das casas, ou o tipo de habitação (vivenda, apartamento, etc). A energia eléctrica produzida nas estações geradoras é distribuída até aos centros populacionais através de cabos de transporte e distribuição de alta voltagem. Mediante o uso de transformadores, reduz-se a diferença de potencial nas ligações aos cabos eléctricos de distribuição doméstica. A intensidade dos campos eléctricos e de indução magnética nas casas situadas a poucos metros das linhas de alta e média tensão podem alcançar valores médios de 1 kV/m e 3 μ T, respectivamente (Figura II.11). O Conselho de Ministros da Saúde da União Europeia recomenda que o público em geral não seja exposto a níveis de B superiores a 100 μ T. Face ao facto de a intensidade destes campos diminuir com a distância, em casas construídas a umas dezenas de metros das referidas linhas, os valores registados apresentam níveis máximos de menos de 30 V/m e de 0,1 μ T, respectivamente.

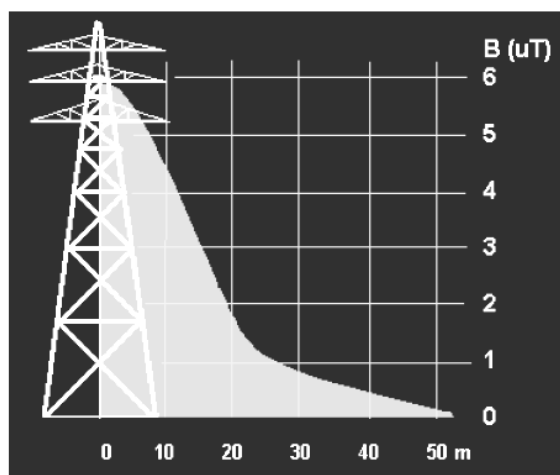


Figura II.11 – Valores da indução magnética (μ T) medidos a 1 metro de altura do solo, próximo de um cabo eléctrico (a torre não está à escala). Os valores da indução magnética B, diminuem significativamente com a distância ao cabo. Na vertical do cabo, B poderá alcançar valores de 6 μ T; a 15 metros do cabo eléctrico, B reduz-se a metade, e a 30 metros B é da ordem das décimas do microtesla (Vargas, Úbeda *et al.*, 2001).

2.4.1.2 Campos produzidos por electrodomésticos

Nas proximidades dos electrodomésticos comuns, tais como frigoríficos, aspiradores, computadores, etc. existem também CEM de 50/60 Hz. A poucos centímetros destes aparelhos é frequente encontrar valores médios de campo eléctrico e de indução magnética de 10 V/m e 3 μT , respectivamente. Também neste caso, os níveis diminuem com a distância à fonte. Estas exposições não se consideram nocivas para a saúde.

Um exemplo é o dos fornos microondas domésticos. Estes equipamentos funcionam na frequência de 2450 MHz e, mesmo sendo a potência dos campos de RF que se estabelecem no interior do forno muito alta, estes estão concebidos para que não haja emissão de radiação microondas para o exterior do aparelho. Não obstante, podem suceder pequenas fugas através da junta da porta do forno, que a 5 cm da mesma pode chegar a ser de 10 W/m². Durante o funcionamento do aparelho um utente situado a uma distância superior a 1 metro estaria sujeito a uma densidade de potência inferior a 20 mW/m² e a um campo magnético de 0,25 – 0,6 μT (tabela II. 3).

Tabela II.3 – Intensidades do campo magnético típicas de alguns electrodomésticos a diversas distâncias.

Aparelho eléctrico	À distancia de 3 cm (μT)	À distancia de 30 cm (μT)	À distancia de 1 m (μT)
Secador de cabelo	6 – 2000	0,01 – 7	0,01 – 0,03
Máquina de fritar eléctrica	15 – 1500	0,08 – 9	0,01 – 0,03
Aspirador	200 – 800	2 – 20	0,13 – 2
Lâmpada fluorescente	40 – 400	0,5 – 2	0,02 – 0,25
Forno microondas	73 – 200	4 – 8	0,25 – 0,6
Rádio portátil	16 – 56	1	< 0,01
Forno eléctrico	1 – 50	0,15 – 0,5	0,01 – 0,04
Ferro de engomar	8 – 30	0,12 – 0,3	0,01 – 0,03
Computador	0,5 – 30	< 0,01	
Frigorífico	0,5 – 1,7	0,01 – 0,25	<0,01
Televisor	2,5 - 50	0,04 – 2	0,01 – 0,15

Na maioria dos electrodomésticos, a intensidade do campo magnético à distância de 30 cm é consideravelmente inferior ao limite recomendado para público em geral de 100 μT .

Fonte: OMS (1999).

2.4.1.3 Exemplo real da exposição quotidiana a fontes de CEM de baixas frequências

A figura II.12 mostra os níveis de exposição em diferentes âmbitos da vida quotidiana num período de 24 horas. Um voluntário, usou à sua cintura, durante o referido período, um aparelho “dosímetro” capaz de registrar as densidades de fluxo magnético (em μT) dos campos entre 30 Hz e 1500 Hz a que esteve exposto durante um dia. O gráfico mostra como os níveis de exposição em ambientes pobres em fontes de CEM (bufete - cantina: 3 e 5, sala com televisão: 6, quarto: 7) são muito baixos (0,01-0,04 μT). Os níveis num ambiente laboral são superiores ao residencial.

Assim, ao trabalhar ao computador (2) alcançam-se valores médios de 0,08 μT . Num laboratório (4), os valores registrados dependem das características do equipamento com que se trabalha no momento; alcançando-se aqui picos de 0,7 e 0,9 μT . Pôde-se constatar que durante a deslocação num automóvel (1), a fonte principal dos campos registados é devida ao movimento de rotação das rodas, cujos elementos metálicos estão ligeiramente magnetizados.

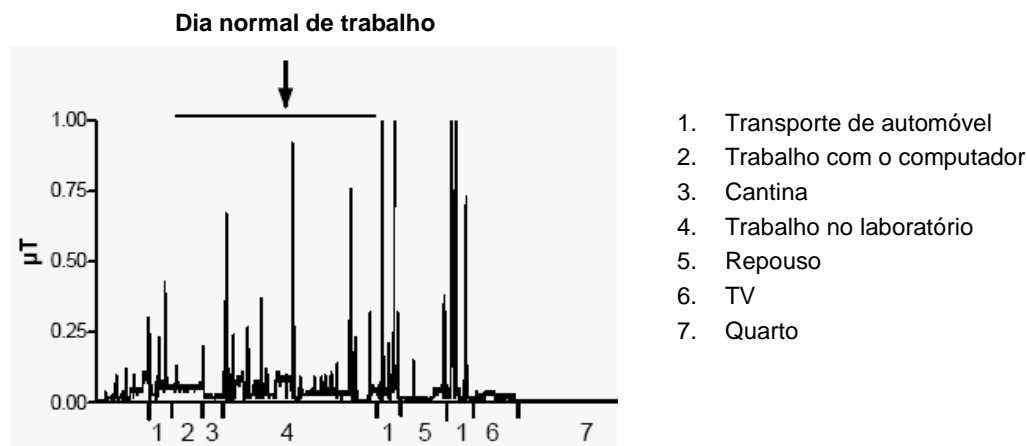


Figura II.12 – Registo das densidades de fluxo magnético (μT) de diferentes fontes, com frequências entre 30Hz e 1500Hz, a que uma pessoa esteve exposta durante 24h de actividade normal durante a semana (Úbeda *et al.*, 2000).

É interessante fazer a comparação destes valores com os $0,1\mu\text{T}$ fixados pela Recomendações do Conselho da União Europeia para exposições a campos de 50 Hz (Anexo Capítulo II - Recomendação Conselho da União Europeia nº 1999/519/CE, de 12 de Julho relativa à limitação da exposição da população aos campos electromagnéticos (0 Hz – 300 GHz) para a população em geral).

2.4.2 Os seres humanos e os campos electromagnéticos

Em todas as considerações, sobre se a radiação electromagnética pode ser ou não adversa à saúde dos seres humanos, é necessário ter presente que todos os sensores e sistemas reguladores do nosso corpo funcionam com pequenas diferenças de potencial e correntes eléctricas e que todas elas podem ser medidas, como por exemplo, a actividade eléctrica do cérebro pode ser registada num electroencefalograma (EEG), e os impulsos eléctricos do coração num electrocardiograma. O electrocardiograma (ECG) permite identificar o *pacemaker* natural que inicia cada novo batimento do coração, as vias nervosas de condução dos estímulos, a velocidade (frequência) e o ritmo cardíacos.

O valor *máximo* dos campos eléctricos, produzidos na cabeça de um ser humano, por uma antena de um telemóvel é de cerca de 100V/m (apesar de no interior do cérebro, os valores dos campos eléctricos serem consideravelmente menores). Para campos da ordem de grandeza referida, os mecanismos que podem originar os efeitos (biológicos) não térmicos, são os inerentes ao movimento de grandes células ou os inerentes à atracção de células vizinhas. Apesar de nesta altura não haver evidências experimentais que comprovem a importância destes mecanismos, *as possibilidades de ambos produzirem os referidos efeitos não pode ser excluída* (Adair, 1994).

Os campos electromagnéticos induzidos artificialmente produzem correntes (figura II.13) e diferenças de potencial no nosso corpo muito superiores às que naturalmente possuímos.

As zonas a vermelho mostram onde se encontram as correntes mais intensas. A intensidade da corrente depende da direcção do campo e tende a ser maior em tecidos bons condutores de corrente eléctrica. Nesta figura, as zonas a vermelho são entre outras: o pescoço, a bexiga, os intestinos, etc.

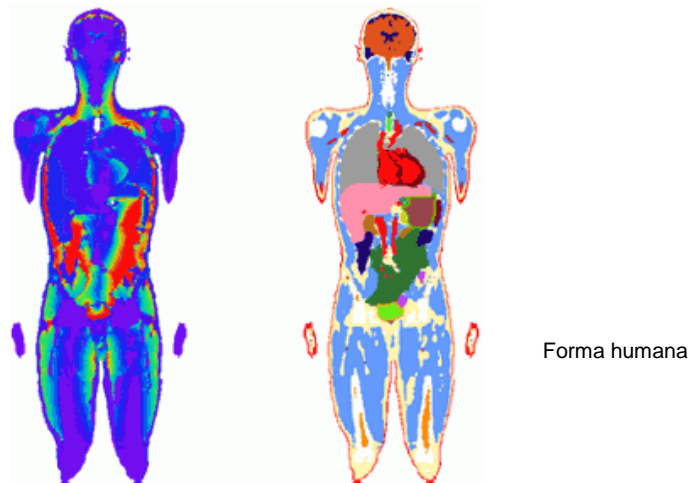


Figura II.13 – As interações dos campos eléctrico e magnético com o corpo humano são estudadas através de modelos computadorizados, como o NORMAN¹³. Este modelo é usado para, entre outras, definir os efeitos da radiação electromagnética de baixa frequência (<100kHz) sobre o corpo humano.

Adaptado de Health Protection Agency (2006). Understanding Radiation.

Como referido, embora o nosso corpo tenha a capacidade de compensar um grande número de alterações ao nível biológico, ainda não é conhecido com precisão qual o efeito que estes campos electromagnéticos provocam na nossa saúde, sendo necessário por isso mais estudos.

Todas as instituições que recomendam valores limite de segurança (como a ICNIRP¹⁴ na Europa ou as NCRP¹⁵ e a IEEE¹⁶ nos Estados Unidos), seguiram procedimentos semelhantes baseados em estudos científicos actuais, conhecidos os efeitos biológicos e as suas principais consequências, definiu-se um ponto de partida para a criação de limites.

Atendendo a que os efeitos provocados pelas radiações, emitidas pelos campos electromagnéticos, são diferentes para diferentes gamas de frequência, as recomendações são, em geral, dependentes da frequência da radiação. Assim, os efeitos de campos electromagnéticos nos seres humanos dependem, regra geral, da intensidade e da frequência das radiações emitidas. As normas nacionais e internacionais definem limites que servem como protecção. Estes valores têm sido frequentemente corrigidos para baixo (isto é, os valores limite tendem a ser cada vez mais baixos), como resultado de uma pesquisa constante e continuada sobre este assunto. Para garantir que estes valores não são excedidos, é aconselhável definir os limites pelo valor mais baixo *possível* de modo a diminuir os riscos para a saúde.

¹³ NORmalized MAN – modelo computadorizado em que uma imagem 3D do corpo humano é dividida em mais de 8 milhões de pequenos cubos de ~2 mm (*voxels*). Cada *voxel* representa um dos 38 tipos de tecidos do corpo humano.

¹⁴ International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, entidade internacional que investiga e regulamenta procedimentos na área da protecção contra as radiações não ionizantes

¹⁵ National Council on Radiation Protection and Measurements.

¹⁶ Institute of Electrical and Electronics Engineers, associação de engenheiros electrotécnicos dos E.U. A.

Na gama de frequências inferiores a 10 MHz, os limites são para a *densidade de corrente*¹⁷ no corpo, nas frequências superiores a 10 MHz, o factor indicativo principal é a *taxa de absorção específica (SAR)*¹⁸, ritmo a que a energia (da radiação electromagnética) é absorvida por uma unidade de massa de tecido biológico, expressa em watt por quilograma, (W/kg) (Recomendação Conselho da União Europeia, 1999/519/CE).

Para frequências inferiores a 10 MHz o conceito de SAR perde o significado, pois para frequências muito baixas, como a da rede eléctrica (50/60Hz), o comprimento de onda é tão grande que as absorções directas de radiação (energia) não ocorrem, e em termos de risco de saúde torna-se difícil relacionar causa efeito, por este facto os efeitos biológicos resultantes da exposição humana correlacionam-se, nestas frequências, com as densidades de corrente, das correntes induzidas no corpo humano, pelos campos de baixas frequências.

A *densidade de corrente* no corpo deve ser inferior a 10mA/m^2 . É aconselhado que exposições a longo termo não excedam 2mA/m^2 para o público em geral ou 4mA/m^2 no local de trabalho.

A taxa de absorção específica SAR, medida em watts por quilograma, deve ser inferior a 0.08W/kg para o público em geral, segundo o ICNIRP. Estes limites base não podem ser medidos directamente. Assim, são usados modelos do corpo humano, medindo-se os limites do mesmo assim como os da força do campo (medida em V/m, A/m, T e W/m^2).

Os valores para os limites de segurança são fixados por entidades nacionais e internacionais, como referido anteriormente (figura II.14 (a) e (b)).

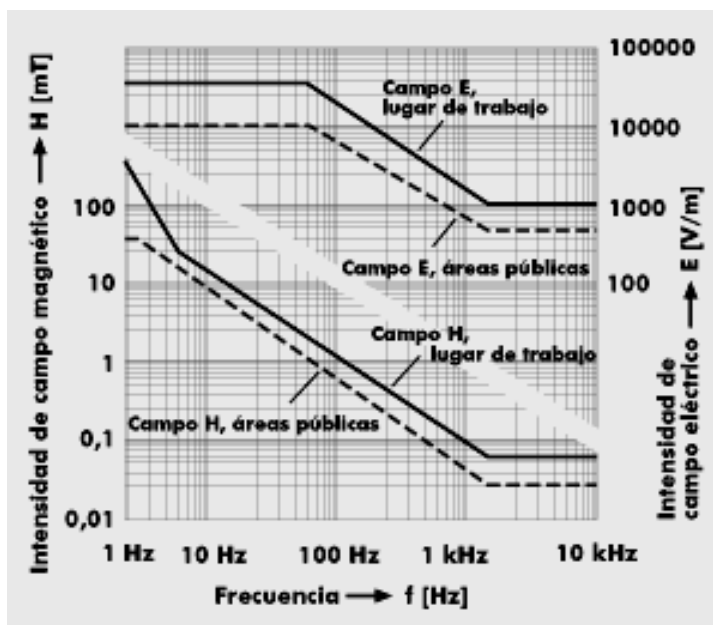


Figura II.14 (a) – Limites de segurança relativos à exposição de radiação electromagnética, para frequências de 1Hz a 10kHz. (DEC.MEDIDA, 2006)

¹⁷ Corrente que flui, através de uma unidade de secção perpendicular à sua direcção, num volume condutor como o corpo humano (ou parte deste), expressa em amperes por metro quadrado [A/m^2].

¹⁸ Specific Absortion Rate

Tal como os valores limite para uma exposição directa no local de trabalho ou zona pública, foram também definidos limites para exposição indirecta¹⁹, pacemakers, transmissores de baixa potência, exposição parcial do corpo, exposição de curta duração, radiação emitida por impulsos, etc.

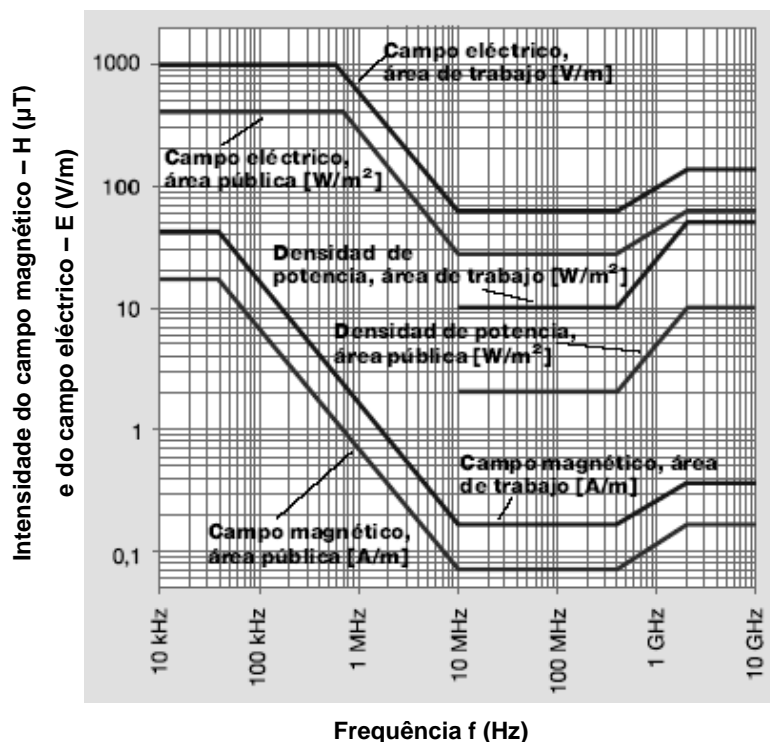


Figura II.14 (b) – Limites de segurança relativos à exposição de radiação electromagnética, para frequências superiores a 10kHz. A norma europeia ENV50166-2 CENELEC, fornece mais informação sobre este assunto.

2.4.2.1 SAR (Specific Absorption Rate)

SAR, como referimos, é um indicador da quantidade da energia (transportada pela radiação electromagnética) que pode ser absorvida pelos tecidos biológicos, particularmente, pelo corpo humano.

A propósito dos valores da SAR, é oportuno referir aqui os resultados de um estudo experimental efectuado por Chan, Leung, Fung e Siu (2004), sobre as características da SAR dos telefones móveis. A SAR que se pode registar numa cabeça humana, devido às radiações electromagnéticas dos telefones móveis, pode ser influenciada por diversos factores, entre os quais o tipo de antena que o telefone possui, concretamente, o desenho da antena e a forma como esta se encontra instalada (exterior ou interior ao aparelho). No artigo, elaborado pelos referidos autores, são publicados estudos experimentais sobre as características da SAR em

¹⁹ Contacto ocasional entre uma pessoa e um objecto metálico por exemplo, que origina um fluxo de carga eléctrica – corrente de contacto. Numa gama de frequências até 100 kHz, por exemplo, o fluxo de corrente eléctrica de um objecto para o corpo humano pode originar o estímulo dos músculos.

diversos telefones móveis. Os dados estatísticos demonstram que a maioria dos telefones móveis satisfazem os limites de segurança estabelecidos pelo ICNIRP, e que os valores da SAR são afectados pela frequência de transmissão em que estes funcionam. Na maioria dos casos o valor máximo da SAR registou-se na zona do queixo e este valor foi cerca de duas vezes superior ao valor da SAR registado na zona do ouvido. Concluiu-se ainda que não há diferença significativa nos valores da SAR registados em telefones móveis com antena exterior e com antena interior, e que na zona do ouvido o valor da SAR dos telefones móveis com *tampa rotativa*²⁰, é cerca de 22% menor que o valor da SAR dos telefones móveis que não possuem a referida tampa. Concluiu-se também que o ponto mais crítico, nos telefones móveis, relativamente às medições da SAR efectuadas se localiza junto à antena dos telefones móveis.

O ICNIRP e o IEEE constituíram linhas orientadoras em que são especificados os limites de segurança para a exposição às Radiofrequências. A medição dos valores da SAR, constitui o método usado para caracterizar as radiações electromagnéticas, com as quais funcionam os telefones móveis. Regra geral, o valor da SAR induzida em qualquer aparelho transmissor de RF é obtido através da medição do campo eléctrico que se faz sentir nos tecidos humanos (tecidos simulados) que se encontram nas proximidades do aparelho.

O valor da SAR pode calcular-se através da expressão,
$$SAR = \frac{\sigma E_i^2}{\rho}$$

Em que E_i representa o valor do campo eléctrico (rms²¹) que se faz sentir nos tecidos humanos (em V/m), σ , representa a condutividade dos tecidos humanos (em S/m) e ρ , representa o valor da densidade dos tecidos humanos (em kg/m³). Na figura II.15 encontra-se esquematizado o método experimental, utilizado nestes estudos, para efectuar as medições da SAR.

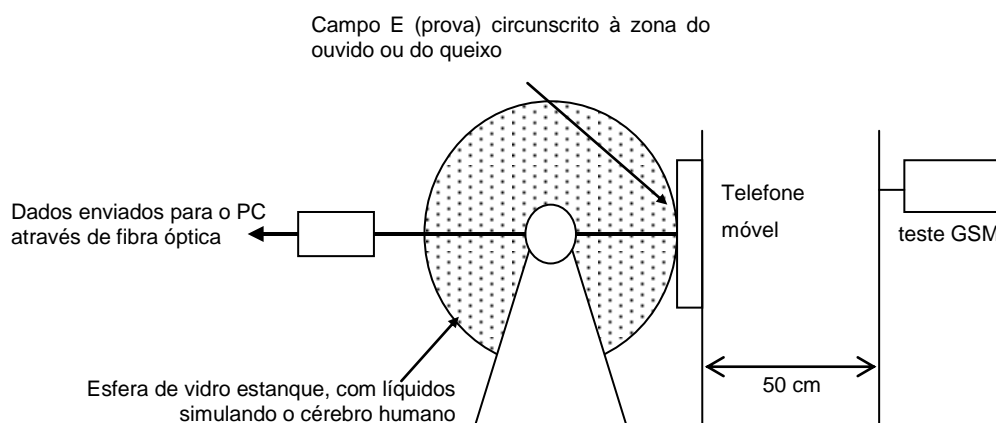


Figura II.15 – Diagrama exemplificativo de um sistema utilizado para efectuar as medições dos valores da SAR. GSM, designa Sistema de comunicações Móveis de segunda Geração. Adaptado de Chan *et al* (2004).

²⁰ Placa onde se encontra instalado o microfone e que se tem de deslocar para iniciar a comunicação.
²¹ RMS (Root Mean Square) designa o Valor Eficaz de uma grandeza física (tensão, corrente, etc. – todos os efeitos eléctricos proporcionais à raiz quadrada da média do quadrado de uma função periódica (1 período)).

2.4.3 Os efeitos dos campos electromagnéticos de baixas frequências

Para investigar os efeitos biológicos dos CEM em laboratório, têm-se vindo a realizar dois tipos de estudos: os chamados "in vitro", o mesmo é dizer, estudos sobre células isoladas em placas ou tubos de ensaio; e estudos "in vivo", que se realizam sobre animais ou pessoas expostas aos referidos campos. Deste modo sabe-se que os CEM, em algumas experiências e sob determinadas condições, induzem certos efeitos biológicos que seguidamente resumiremos.

Os campos electromagnéticos de baixas frequências podem induzir correntes no corpo humano e originar efeitos à sua superfície, como por exemplo, fazer levantar os cabelos. Podem também afectar pacemakers e outros dispositivos metálicos implantados. Uma das consequências mais comuns destes efeitos é a descarga eléctrica (vulgarmente denominada "choque eléctrico"), que é causada pelo contacto directo com os objectos carregados electricamente. Além do referido, os campos de baixa frequência podem causar irritação nos sensores, nos nervos e nos músculos (tabela II.4). Campos electromagnéticos de maior intensidade provocam desgastes que podem levar a danos de saúde irreversíveis.

Não há certezas acerca do facto de os campos eléctricos e magnéticos, de baixa frequência, estarem directamente relacionados com o aumento do número de casos de cancro.

Revendo a literatura, observa-se que, à medida que as pesquisas avançam e novos resultados aparecem, as normas são actualizadas e novos limites mais restritos são sugeridos. Entre as muitas dúvidas que ainda estão por ser esclarecidas é possível salientar, por exemplo, como o campo electromagnético actua em determinadas estruturas, como: nos cromossomas ou nas moléculas de ADN que constituem os genes, e na alteração da mobilidade dos iões (por exemplo de cálcio), particularmente em tecidos do cérebro e nas propriedades eléctricas e fisiológicas das células nervosas.

Tabela II.4 – Efeitos provocados por radiação electromagnética com diferentes densidades de corrente.

Densidade de corrente (mA/m ²)	Efeitos
≥1000	Disfunção do coração – ligeira a grave. Grande perigo para a saúde.
100 - 1000	Mudança ao nível da excitabilidade do sistema nervoso central. Neste nível é detectável a irritação do tecido muscular.
10 - 100	Alterações nas proteínas e na síntese do ADN, alterações na actividade das enzimas, com efeitos visuais evidentes, e possíveis efeitos "nervosos". O processo de regeneração dos ossos fracturados tanto pode ser acelerado como anulado.
1 - 10	Efeitos biológicos subtis, tal como mudanças no metabolismo do cálcio ou supressão da produção de melatonina (controla o ritmo dia/noite). As densidades de corrente interiores, do coração e do cérebro, estão nesta gama.
<1	Não existem efeitos conhecidos. As densidades de corrente interiores da maioria dos órgãos do corpo estão nesta gama.

Adaptado de DEC.MEDIDA (2006).

O grau com que uma parte do corpo pode absorver energia (radiação) de campos de elevada frequência depende da circulação sanguínea e da capacidade de condução dessa radiação.

Exemplos de graus de absorção, por diferentes órgãos do corpo humano:

- Absorção lenta: coração, pulmões, pele, órgãos internos
- Absorção média: Cérebro
- Absorção rápida: Olhos, rótula, dispositivos metálicos implantados.

Os olhos (especialmente o cristalino) e as rótulas são as partes mais susceptíveis, devido à presença em pequena quantidade de vasos capilares e portanto baixa irrigação sanguínea.

Pelo contrário, o coração, os pulmões e a pele são relativamente insensíveis devido ao elevado fluxo sanguíneo. Se o campo é modulado (por ex. GSM) pode, além dos efeitos térmicos, ocorrer irritação celular.

2.5 O Sistema Nervoso Central

O corpo humano possui milhões de neurónios²² (figura II.16), que se distribuem pelo sistema nervoso central e pelo sistema nervoso periférico (Kendel *et al.*, 2000).

O sistema nervoso é constituído por um tecido – o tecido nervoso. Como qualquer outro tecido biológico, também este é formado por células (os neurónios) que são altamente especializadas, mas que basicamente funcionam como outras células quaisquer.

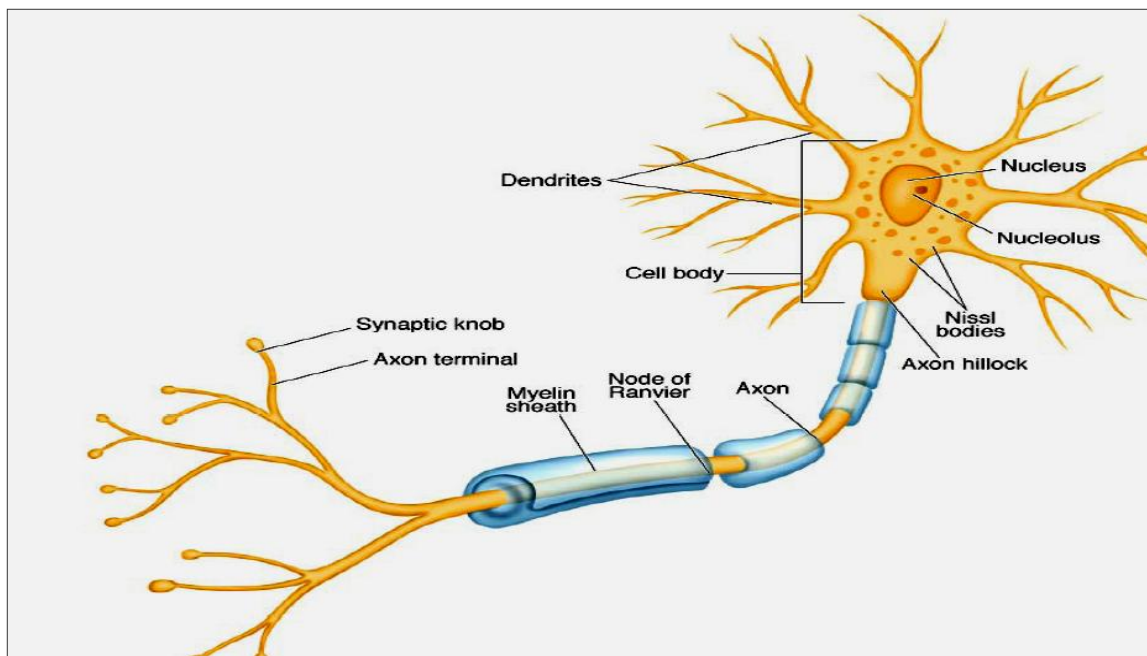


Figura II.16 – Neurónio. Fonte: Unaerp Virtual (2006).

²² Células nervosas que constituem as unidades estruturais e funcionais do sistema nervoso, são células especializadas na transmissão das mensagens sob a forma de sinais eléctricos.

2.5.1 Neurónios

Os neurónios possuem uma morfologia peculiar – possuem membranas capazes de gerar e conduzir impulsos eléctricos apresentam também, regiões especializadas na transmissão de informação para outras células.

Mesmo possuindo formas e tamanhos diversos, todos os neurónios evidenciam características comuns tais como um corpo celular, do qual saem vários prolongamentos que se podem ramificar, constituindo as dendrites, e um axónio que pode ser muito longo e ramificado, constituindo esta ramificação as telodendrites.

O sistema nervoso central inclui o encéfalo (cérebro) e a medula espinal (coluna vertebral). O sistema nervoso periférico é formado por nervos e gânglios nervosos.

Os neurónios são apoiados por outras células, como por exemplo, as células da “*glia*”, estas são um conjunto heterogéneo de células que se supõe ter uma função de suporte e de base de apoio dos neurónios. O sistema nervoso está constantemente a reagir e a ajustar-se a mudanças (estímulos nervosos) quer no ambiente interno quer no ambiente externo do corpo humano, de modo a manter o equilíbrio.

Reacções a estímulos geram impulsos que através dos nervos periféricos são transmitidos ao sistema nervoso central onde são analisados, comparados, combinados e coordenados. Quando respondem a um estímulo como a pressão, a variação da temperatura, ou outros, é gerada uma diferença de potencial no receptor, sendo o impulso nervoso (de natureza electroquímica) enviado ao sistema nervoso central. As respostas do sistema nervoso central são transmitidas aos órgãos, tais como os músculos ou as glândulas, para responderem ao estímulo.

A transmissão do sinal é conseguida através de complicados mecanismos eléctricos e químicos. Existem muitos tipos de neurotransmissores²³ no sistema nervoso.

Por existir uma actividade eléctrica muito acentuada na transmissão “nervosa”, o sistema nervoso é considerado muito sensível à exposição electromagnética. Por este motivo, inúmeros estudos têm sido levados a cabo a partir dos anos 60 e 70 do século passado sobre os efeitos das radiações electromagnéticas no sistema nervoso central e nos comportamentos, dos seres humanos (Elder e Cahill, 1984).

Preocupações mais recentes, nos anos 90, sobre a segurança no uso dos telefones móveis a microondas, wireless, etc, reavivaram o interesse pelo estudo dos efeitos, que a utilização destes aparelhos e das conseqüentes estações retransmissoras, podem causar sobre os tecidos cerebrais.

²³ Substâncias químicas libertadas pelos terminais nervosos para transmitir impulsos para outros nervos, músculos e glândulas que eles abastecem.

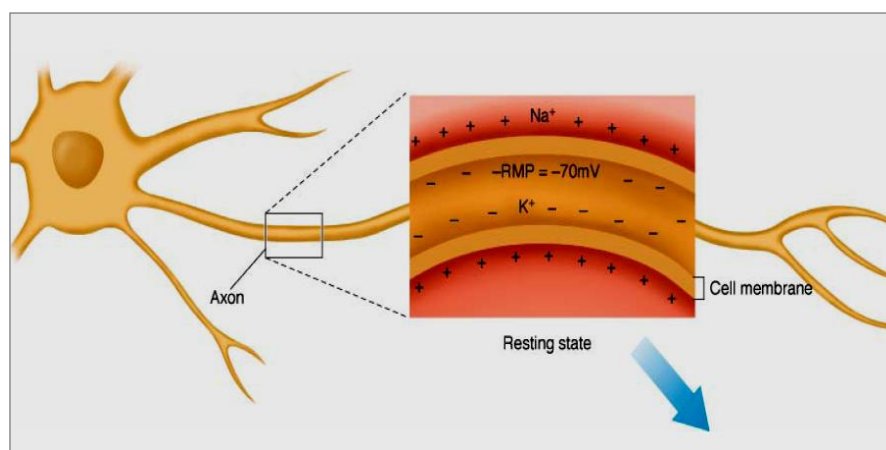
2.5.2 Natureza e Propagação da Mensagem Nervosa

O sistema nervoso do Homem consegue enviar mensagens a velocidades que podem atingir 120 m/s. Estas mensagens constituem os impulsos nervosos que são de natureza electroquímica, uma vez que a sua transmissão se processa electricamente ao longo dos neurónios e, quimicamente entre eles.

A membrana que o neurónio possui (membrana plasmática) possibilita a passagem de iões entre o meio intra e extra celular. Podemos assim encontrar, quer no meio intra celular quer no meio extra celular, soluções electrolíticas, nas quais estão presentes iões positivos, como o sódio (Na^+) e o potássio (K^+), e iões negativos como o cloreto (Cl^-). Os iões sódio e cloreto estão presentes em maior concentração no meio extra celular, contrariamente aos iões potássio e outros iões negativos que se encontram em maior quantidade no meio intracelular (Metelo de Nápoles e Branco (2001)).

A diferença de cargas iónicas que se gera dentro e fora da célula provoca uma polarização da membrana, isto é, dá origem a uma diferença de potencial eléctrico dentro e fora desta, o potencial de repouso (figura II.17).

Quando os neurónios se encontram em repouso, verifica-se que há um predomínio de cargas negativas no interior da célula, relativamente ao seu exterior, pois a membrana plasmática permite a difusão do ião K^+ para o seu exterior, mas é impermeável à entrada do ião Na^+ . Isto gera uma diferença de potencial de cerca de -70 mV , característica do potencial de repouso.



Figura

II.17 –

Potencial de repouso. Fonte: Unaerp Virtual (2006).

Quando o neurónio é estimulado verifica-se que há uma inversão da polarização da membrana, pois esta passa de -70 mV para cerca de $+40 \text{ mV}$ readquirindo, cerca de um milésimo de segundo depois, o seu valor inicial. Esta inversão do potencial da membrana decorre em duas fases distintas:

- I. Fase de despolarização: em que a membrana passa de -70 mV para $+40 \text{ mV}$.
- II. Fase de repolarização: em que se restabelece o potencial de repouso (-70 mV).

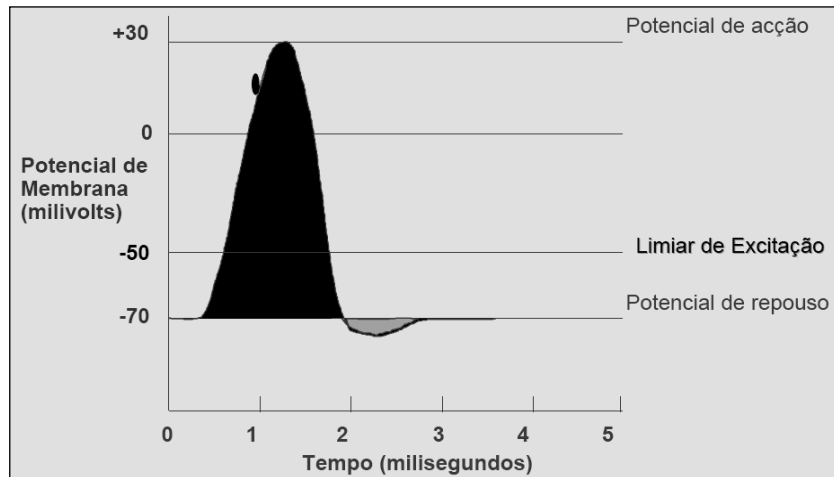


Figura II.18 - Representação gráfica da propagação do impulso nervoso ao longo do axónio.

Quando a membrana do neurónio é estimulada, este estímulo desencadeia, nesse local, a permeabilidade da membrana ao Na^+ , possibilitando a sua entrada numa quantidade tal que promove a inversão do potencial da membrana, tornando-se o seu interior positivo, relativamente ao exterior, que fica negativo – despolarização (figura II.19). No final da despolarização fecham-se os canais de sódio e abrem-se os canais que permitem a deslocação do potássio para fora da célula, permitindo a repolarização (figura II.20) da membrana (Metelo de Nápoles e Branco (2001)).

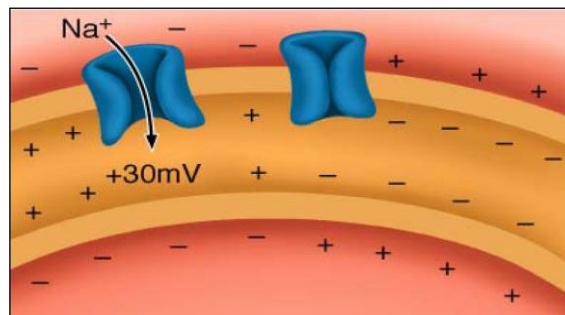


Figura II.19 – Despolarização.

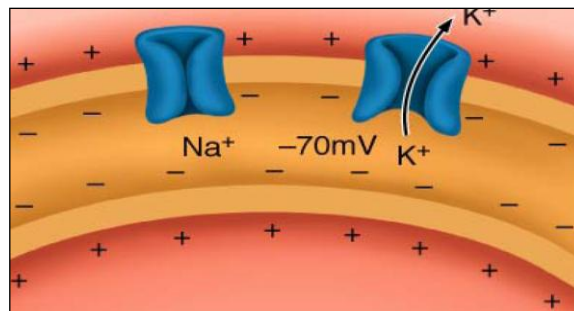


Figura II.20 – Repolarização.

Uma vez atingido o potencial de repouso, a bomba de sódio-potássio (figura II.21) encarrega-se de manter constante o potencial eléctrico e as concentrações iónicas.

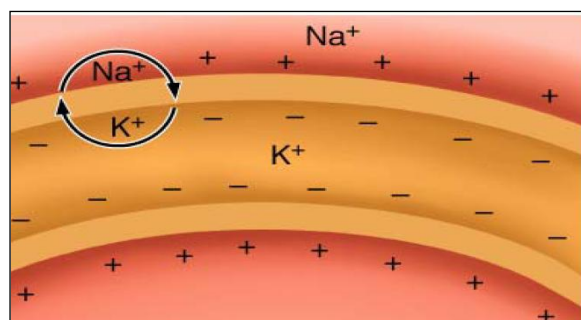


Figura II.21 – Bomba Na⁺ /K⁺

As dendrites são a principal superfície do neurónio a receber estímulos, sendo estes conduzidos para o axónio, em direcção às telodendrites. Enquanto que na região dendrítica, a amplitude inicial da intensidade do estímulo vai diminuindo ao longo do percurso, dizendo-se por isso, de gradual, o estímulo que atinge um ponto da membrana do axónio propaga-se ao longo dela sempre com a mesma intensidade e velocidade, dizendo-se por isso de potencial de tudo – ou nada.

A transmissão do impulso nervoso faz-se de neurónio a neurónio. No entanto, como não existe um único contacto anatómico entre os dois neurónios, a comunicação entre eles faz-se de uma forma química que se chama sinapse (figura II.22). Assim, a zona de conexão entre as telodendrites de um neurónio e as dendrites do neurónio seguinte designa-se de fenda sináptica.

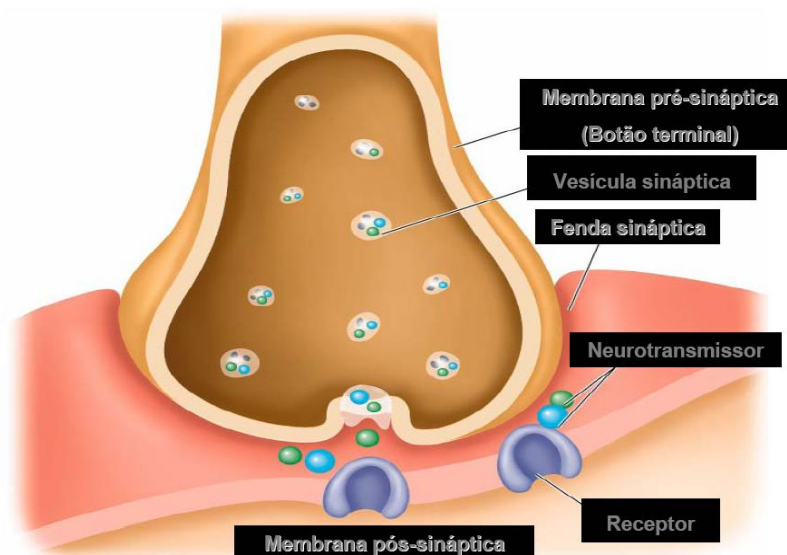


Figura II.22 – Sinapse. Fonte: Unaerp Virtual (2006).

Nas telodendrites existem vesículas sinápticas que, quando o impulso nervoso, sob a forma eléctrica, as atinge, libertam substâncias denominadas de neurotransmissores, para a fenda sináptica. Estes neurotransmissores, de natureza hormonal, provocam a alteração do potencial de repouso da membrana das dendrites (pós-sináptica) desencadeando a sua excitação ou inibição, consoante o tipo de neurotransmissor libertado. Assim um neurónio terá sido excitado se o neurotransmissor libertado

tiver provocado uma diminuição das cargas negativas da sua membrana; se pelo contrário, esta se tiver tornado mais negativa, significa que a estimulação do neurónio foi inibida (Metelo de Nápoles e Branco (2001)).

2.5.3 Os efeitos de radiações electromagnéticas (microondas) sobre o sistema nervoso

Devido às grandes diferenças existentes nos padrões de segurança considerados para as microondas, entre os E.U.A. e a União Soviética nos anos 70, foi estabelecido (em 1975) um programa cooperante para o estudo dos efeitos biológicos de certos factores físicos no ambiente. Um dos tópicos que foi incluído nestes estudos foi, o efeito das radiações não ionizantes sobre o sistema nervoso central e sobre os comportamentos humanos (D'Andrea, J.A. *et al.* (2003)).

Nos anos 70, o alvo das pesquisas incidiu, principalmente, nos efeitos das microondas na electroencefalografia – nos reflexos, na morfologia e nas reacções nervosas.

Mais recentemente, concretamente em 2002, foi publicado um estudo sobre os efeitos da radiação electromagnética, emitida pelos telefones móveis, no sistema nervoso central (Hossmann e Hermann, 2003). Neste estudo foram revistos os efeitos das interacções destas radiações com a actividade neurológica, com o metabolismo, com o equilíbrio neurotransmissor, com a permeabilidade da barreira sangue-cérebro, com as funções cognitivas, com o sono e com várias doenças cerebrais incluindo os tumores cerebrais. A maioria dos efeitos relatados foi pouco relevante, desde que a intensidade da radiação se mantivesse na gama dos valores não-térmicos²⁴. No entanto, os riscos para a saúde podem evoluir desde consequências indirectas atribuídas aos telefones móveis, como por exemplo demonstra o aumento da taxa de incidência dos acidentes de viação provocados pelo uso do telemóvel durante a condução.

À data deste estudo, existiam poucas evidências de que a exposição, de forma contínua ou em intervalos de tempo descontínuos, às microondas com potência e frequências²⁵ da ordem de grandeza das que são usadas pelos aparelhos de comunicações móveis, interferirem com o funcionamento e a integridade estrutural do cérebro.

Sob condições experimentais, a maioria dos resultados “positivos” encontrados até à realização do estudo, podiam ser atribuídos aos efeitos térmicos²⁶. Tais efeitos não têm grande

²⁴ Radiações com valores de frequências abaixo de 1MHz (aproximadamente), podem produzir correntes induzidas de baixa intensidade (considerando constante a intensidade do campo magnético).

Efeito não-térmico - efeito biológico da exposição à radiação de radiofrequência, em que não está presente o mecanismo da elevação da temperatura dos tecidos (ver ponto 2.5.3.2).

²⁵ Radiações não ionizantes de frequências entre os 900 e 1800MHz.

²⁶ *Efeito térmico* – efeito biológico da exposição à radiação de radiofrequência, traduzido pelo aquecimento local dos tecidos. A radiação térmica situa-se entre as frequências de 1MHz a 100GHz aproximadamente (secção 2.5.3.1).

probabilidade de ocorrer durante o uso normal de um telemóvel visto a potencia total da radiação emitida ser demasiado baixa para aumentar a temperatura do corpo humano, e ainda porque os aumentos de temperatura (locais) no cérebro, se existissem seriam, certamente, inibidos pelo efeito termoestabilizador da circulação sanguínea.

A corrente sanguínea, mais concretamente o sangue, é uma substância com elevada condutividade térmica²⁷ pois, a rapidez com que a energia é transferida sob a forma de calor (devido às eventuais diferenças de temperatura), entre qualquer parte do corpo e o sangue, é elevada.

Outras alterações biológicas que sob condições experimentais, puderam ser observadas, como as interações da radiação com os comportamentos dos seres humanos e a sua influência sobre doenças neurológicas, foram insignificantes. Em particular, nenhuma relação expressiva pôde ser estabelecida entre a exposição às radiações microondas e o aparecimento ou desenvolvimento de tumores cerebrais, quer sob condições experimentais quer sob condições clínicas. A inexistência de informação não exclui, no entanto, a possibilidade de as microondas de menor comprimento de onda provocarem efeitos (biológicos) no cérebro. Certo é que, quanto menores forem estes efeitos melhor, pois menores serão os riscos para a saúde, note-se a eles há que acrescentar outros efeitos ambientais que influem directamente sobre o cérebro.

2.5.3.1 Efeitos Térmicos

A força criada por um campo eléctrico sobre partículas com carga (como por exemplo, os iões livres presentes no corpo humano) provoca o seu movimento, originando uma corrente eléctrica. A resistência eléctrica, do material que é atravessado pela corrente eléctrica, é responsável pelo aquecimento deste. O aumento de temperatura do material é designado por efeito térmico, e é originado pela energia absorvida dos campos eléctricos oscilantes.

Os efeitos térmicos traduzem-se num aumento da temperatura dos tecidos biológicos, produzida pela energia das radiofrequências, a qual é absorvida pela água contida nos tecidos do nosso organismo. O aumento da produção de energia no organismo depende, fundamentalmente, de dois factores:

- i) Intensidade da radiação que penetrou no seu interior;
- ii) Capacidade do organismo em regular a temperatura, uma vez que este funciona como um termóstato.

²⁷

Condutividade térmica de um material é uma medida da rapidez com que a energia sob a forma de calor atravessa esse mesmo material. Esta transferência de energia é devida a uma diferença de temperatura entre as superfícies em contacto. Os materiais com elevada condutividade térmica transferem grandes quantidades de energia na forma de calor por unidade de tempo - o cobre é exemplo de um bom condutor térmico.

Quando a temperatura do corpo começa a subir, o aumento continuará até ser equilibrado pela sua própria capacidade em remover essa energia em excesso (e diminuir a temperatura). Tal é conseguido através da passagem da corrente sanguínea pelas várias partes do corpo, arrefecendo-as até ser atingida a temperatura média habitual.

Mas este mecanismo de compensação do organismo tem limites. A partir de uma determinada intensidade de radiação, o aumento de temperatura pode ser tão elevado que a corrente sanguínea não o consegue compensar. Em situações em que o acréscimo da temperatura dos tecidos for superior a cerca de 1°C poderão surgir efeitos biológicos²⁸ adversos. Poderão ocorrer efeitos fisiológicos, estudados em sistemas celulares e animais, incluindo alterações nas funções cerebrais e neuromusculares, alterações hematológicas, reprodutivas e outras.

Uma das zonas do corpo humano termicamente mais vulnerável são os olhos, pelo facto de terem uma irrigação sanguínea reduzida e possuírem, assim, menos capacidade para *remoção* dos aumentos de temperatura, podendo conduzir à formação de cataratas em situações de exposição aguda, muito intensa. O cristalino (lente do olho humano) é basicamente uma proteína semelhante à albumina (clara dos ovos), da mesma forma que a albumina, quando o ovo é aquecido, fica leitosa e opaca, assim com um mecanismo semelhante o aquecimento do olho provoca a catarata.

Diversos estudos com modelos matemáticos predizem aquecimento no olho com aparelhos de telefone móvel, transmissores *walkie-talkie*, cujas potências relativamente altas, e antenas próximas do olho, resultam em aquecimentos nem sempre desprezáveis.

2.5.3.2 Efeitos Não Térmicos

Existe a possibilidade de ocorrerem efeitos não térmicos no nosso organismo, resultantes da utilização de radiações de reduzida intensidade (inferior à que conduz ao aparecimento de efeitos térmicos) nos sistemas de comunicações móveis.

O organismo humano é sustentado por processos electroquímicos de extrema sensibilidade e de diversos tipos, sendo cada um deles caracterizado pela sua frequência específica. Algumas das frequências características do organismo humano encontram-se próximas das frequências utilizadas nos sistemas de comunicações móveis. Em consequência, muitas das actividades eléctricas e biológicas do organismo podem sofrer interferência, derivada das radiações utilizadas nas telecomunicações.

No entanto, os efeitos não térmicos dependem sempre das características do indivíduo exposto, pelo que dois indivíduos expostos à mesma radiação podem ser afectados de forma diferente. É o caso das crianças, geralmente mais vulneráveis aos efeitos adversos na saúde do que os adultos.

²⁸ Efeito Biológico - resposta do organismo a um estímulo ou a uma alteração do meio envolvente, e que se pode medir.

Os estudos científicos efectuados para avaliação dos efeitos não térmicos têm apresentado resultados controversos:

- × É difícil inferir para o ser humano os resultados obtidos em experiências com animais;
- × Muitos estudos apontam no sentido da ausência de efeitos não térmicos adversos para a saúde, ao passo que outros apontam nesse sentido;
- × Os estudos efectuados têm a dificuldade de não poderem ser comparados com estudos em populações que não estejam expostas a estas radiações, dado que no momento presente a grande maioria da população se encontra exposta;
- × Os estudos efectuados são produzidos em condições experimentais, com níveis de radiação mais intensos aos que existem na realidade;
- × A maioria dos estudos realizados não se tem baseado apenas nos efeitos de exposição a partir de uma antena, sendo efectuados essencialmente com base nas radiações emitidas por um telemóvel;
- × Apesar destas dificuldades, numerosos estudos têm sido desenvolvidos e estão em curso, podendo agrupar-se nas seguintes áreas principais:
 - Efeitos sobre a saúde em geral
 - Efeitos sobre o feto
 - Efeitos sobre a visão
 - Efeitos cancerígenos
 - Outros efeitos biológicos

2.6 As dores de cabeça e a exposição às radiações microondas.

D'Andrea, J.A. *et al.* (2003) refere que Frey (1998), concluiu que as dores de cabeça podem ser originadas pelo uso dos telefones móveis.

Recentemente, vários estudos examinaram os sintomas descritos durante, ou após, o uso dos telefones móveis. Hocking (1998) conduziu uma pesquisa no sentido de caracterizar os sintomas descritos pelos utilizadores de telemóveis. Quarenta pessoas foram inquiridas via telefónica, para responder a um questionário publicado numa revista de investigação médica. A maioria descreveu uma sensação de aquecimento ou de ligeira dor na parte detrás da cabeça ou à volta do ouvido. Curiosamente, tal como Hocking (1998) resumiu, os inquiridos disseram que “os sintomas apareciam frequentemente alguns minutos após o início das chamadas telefónicas mas podiam voltar novamente durante o dia. Os sintomas geralmente terminavam uma hora após a chamada telefónica mas, podiam durar até à noite”. Tal como o autor indica, é necessário desenvolver mais investigação para determinar o alcance dos efeitos, os seus mecanismos e as possíveis implicações nos limites de segurança para a exposição às radiofrequências.

Sandstrom (2001) avaliou os sintomas descritos por 2500 pessoas que responderam a um inquérito cujo objectivo era testar a hipótese de que os telefones móveis digitais originavam o

aparecimento de mais “sintomas” do que os telefones móveis analógicos. Os resultados deste inquérito não provaram a hipótese, no entanto, a informação recolhida demonstrou haver uma certa relação causa efeito com, a duração da chamada telefónica, o número de chamadas telefónicas efectuadas por dia e a predominância do aquecimento da nuca ou da dor à volta do ouvido.

Oftedal (2000) conduziu um estudo epidemiológico 17000 pessoas, na Noruega e na Suécia, que usavam o telefone móvel nos seus locais de trabalho. Dos que responderam, 31% na Noruega e 13% na Suécia referiram ter sentido pelo menos um sintoma relacionado com o uso dos telefones móveis. Os sintomas mais referidos incluíam sensações de aquecimento na orelha, à volta ou por detrás desta, sensações de calor na face e dores de cabeça. Os sintomas começavam geralmente durante o telefonema ou tinham início na meia hora seguinte à realização da chamada telefónica, podendo durar até duas horas. Este estudo revelou ainda que 45% dos inquiridos disseram ter já adoptado medidas no sentido de reduzir os sintomas, no entanto, muito poucos consultaram um médico ou realizaram exames médicos. Os autores salientaram que os resultados obtidos constituíam “um aviso para os sintomas, mas não necessariamente, um problema saúde preocupante” (D’Andrea, J.A. *et al.* (2003)).

2.7 Seres humanos com Hipersensibilidade Electromagnética

“Hipersensibilidade Electromagnética” termo usado para descrever pessoas que acreditam ser influenciadas por campos eléctricos e magnéticos de variadíssimas fontes, incluindo cabos de electricidade, telefones móveis, monitores de computadores e outras fontes de luz (COMAR, 2000).

Geralmente os campos que originam a hipersensibilidade electromagnética são considerados muito fracos, bem abaixo dos que se consideram afectar as pessoas “normais” e muito abaixo dos níveis de segurança padrão vulgarmente aceites. As pessoas com hipersensibilidade electromagnética descrevem geralmente sintomas que são predominantemente associados ao sistema nervoso, como por exemplo, a fadiga, o *stress* e perturbações do sono. Para além destes sintomas, descrevem ainda sintomas associados a problemas de pele, formigueiro, rubor e urticária, e ainda outros como dores corporais, ardor nos olhos, entre outros (Bergqvist e Vogel 1997; COMAR, 2002). A ocorrência da hipersensibilidade electromagnética e dos respectivos sintomas associados, varia geograficamente com maior predominância na Suécia, Alemanha e Dinamarca (D’Andrea, J.A. *et al.* (2003)).

Alguns estudos foram realizados com o objectivo de avaliar a hipersensibilidade electromagnética sob condições laboratorialmente controladas. Hietanen (2002), analisou vinte pessoas que afirmaram ter hipersensibilidade electromagnética quando na presença de telefones móveis em comunicação. Este estudo foi realizado com telefones móveis que operavam nas frequências dos 900MHz (analógicos) e dos 900 e 1800Mhz (digitais). Os indivíduos, em estudo, foram observados durante 3 ou 4 sessões de 30 minutos cada, e em seguida questionados sobre

quaisquer sensações anómalas. Durante o período de testes, o ritmo cardíaco, a pressão sanguínea e a frequência da respiração foram devidamente registados. Os resultados mostraram que os indivíduos descreveram sintomas (algo subjectivos) principalmente na região da cabeça, no entanto, estes sintomas foram mais intensos durante a exposição às rádio frequências simuladas do que durante a exposição às radiofrequências reais. Acrescente-se ainda que nenhum dos sujeitos testados podia, em qualquer momento, distinguir a exposição às radiofrequências simuladas da exposição às radiofrequências reais.

Uma explicação para o anteriormente descrito e que se assemelha plausível, foi sugerida por Anttila (2000), que propôs que a hipersensibilidade electromagnética pode estar relacionada com *micotoxinas*²⁹ no ambiente. As *micotoxinas* provocaram, em estudos com animais, os mesmos efeitos e sintomas que demonstraram ter as pessoas com hipersensibilidade electromagnética. Este tipo de reacções tóxicas são amplamente conhecidas quer pela medicina veterinária quer pela medicina clínica (D'Andrea, J.A. *et al.* (2003)).

2.8 Linhas de Alta Tensão³⁰ – outro factor de preocupação

Nos dias de hoje, praticamente, todo o sistema de vida assenta sobre a electricidade, sendo ela responsável pelas iluminações, pelo funcionamento de aparelhos de alta tecnologia existentes nos hospitais, nas empresas e nos lares, pelos sistemas de segurança das empresas, pela controle da circulação rodoviária nas cidades através dos semáforos, pelas telecomunicações, pelo funcionamento de todos os equipamentos de informática, pelos Centros de Processamento de Dados, pelo funcionamento do sistema de abastecimento de água, pelo sistema de tratamento de efluentes industriais, de esgotos, enfim, inúmeras actividades da sociedade actual dependem directamente do abastecimento de energia eléctrica, sem elas, pura e simplesmente, não existiria a sociedade tal como a conhecemos.

Para abastecer todos estes sectores da sociedade são necessários meios para transportar toda a energia eléctrica necessária. Esses meios consistem em linhas/cabos eléctricos que transportam electricidade de muito elevada *tensão* (diferenças de potencial), de alta, média e baixa *tensão*. Estas linhas eléctricas, em especial as de muito alta e de alta *tensão*, têm de obedecer a determinadas normas de segurança, concretamente, quanto à distância a que se podem encontrar de determinados locais (tabela II.5).

²⁹ Micotoxinas – substâncias tóxicas resultantes da actividade metabólica de fungos (bolores, mofo) que se desenvolvem em alimentos e produtos agrícolas quando as condições de temperatura, pH e humidade do ar são favoráveis; podem intoxicar seres humanos e animais. O efeito agudo mais frequente é o colapso das funções hepáticas e renais. Algumas são tóxicas para o sistema nervoso e podem produzir lesões na pele.

³⁰ Expressão que designa diferenças de potencial superiores a um certo limite, geralmente 1000 Volts, entre fases de corrente alternada.

Tabela II.5 – Informações relativas a distâncias mínimas de segurança das linhas de Muito Alta Tensão e Alta Tensão.

Distâncias mínimas de segurança junto a linhas de Muito Alta Tensão (MAT) e Alta Tensão (AT)				
Tensão nominal	Estradas	Solo	Edifícios	Árvores
60 kV	7,0 m	6,3 m	4,0 m	2,5 m
150 kV	7,3 m	6,8 m	4,2 m	3,2 m
220 kV	8,5 m	7,1 m	4,7 m	3,7 m
400 kV	10,3 m	8,0 m	6,0 m	5,0 m

Fonte: REN, Rede Eléctrica Nacional, SA.. In, <http://www.ren.pt/content/3144C1A2FA2D4C5DBC6D316A049D300.PDF>

Por vezes estas regras de segurança não são respeitadas, ou não são mantidas. A população em geral manifesta o seu desagrado e reclama a falta de segurança. Surgem protestos e as notícias nos meios de comunicação. Os alertas são lançados por vezes de forma pouco organizada e algo alarmista. Muitos cidadãos não conhecem os fundamentos de tais protestos mas manifestam-se contra porque os outros *“também dizem mal”*.

Um dos riscos mais graves é o dos curto-circuitos que podem originar descargas eléctricas violentas, descargas que pode atingir quem se encontrar por perto ferindo mortalmente um ser humano ou um animal. Esta situação problemática é uma das mais focadas pelas associações ambientalistas, a mortalidade de aves por electrocussão e colisão com as linhas eléctricas de alta tensão constitui uma das principais causas de morte de algumas espécies de aves. Soluções para este problema relacionado a mortalidade das aves existem e passam por colocação de sistemas de «espanta pássaros» ou de «salva pássaros», como forma de minimizar os perigos para as aves.

De um modo geral, todas as instalações associadas á produção e transporte de energia, tais como linhas de alta tensão e postos de transformação são vistos como fontes de radiação de baixa frequência; equipamentos de transmissão em postes de alta tensão podem ser fontes de HF (radiação de alta frequência).

A título de exemplo aparecem dois textos ilustrativos deste tema controverso na secção em que se apresentam os materiais educativos (ver texto 5 e 6, na secção 3.4.4).

2.9 O Problema das Radiações Electromagnéticas na Comunicação Social

Os efeitos nocivos das radiações, foram reportados pela primeira vez em 1896 e 1897 tendo, nessa data, sido estabelecida uma relação de causa efeito (...), a lesão na pele que apareceu num trabalhador que utilizava raios x; a queda de cabelo de uma criança sujeita a um exame raios x para a localização dum corpo estranho no crânio, etc. descritas em artigos médicos como " Injurius Effects on the Skin" e " Depilatory Action of X-rays".

A par da detecção dos efeitos nocivos das radiações e da sua origem, começa uma interminável luta de protecção contra as mesmas. A protecção contra as radiações remonta, em termos históricos, aos princípios do século XV em *Erzgebirge*, numa zona que ia até à fronteira actual entre a república Checa e a Alemanha onde se extraía prata e urânio. Os mineiros que lá trabalhavam adoeciam com uma doença terrível que lhes afectava os pulmões, chamada "*bergsucht*"³¹ que além de os atormentar profundamente lhes provocava a morte em curto espaço de tempo. A explicação para tal, viria a ser dada no princípio do século XVI por um jovem alemão, Georg Bauer (1494-1555) médico responsável das minas.

São de referir alguns marcos científicos na evolução da protecção contra radiações, nomeadamente: a descoberta de Roentgen dos Raios X, seguida de imediato da Radioactividade por Becquerel e da do Polónio por Marie Curie, e a posterior descoberta do Rádio por Pierre e Marie Curie; a Teoria Quântica de Planck a respeito da Luz, a explicação do efeito Fotoeléctrico por Einstein, a descoberta das radiações alfa, beta e gama, e as quase simultâneas descobertas dos mais singulares aspectos Relativos à Radiação Natural, nela incluindo obviamente a radiação cósmica de fundo, a descoberta de Rutherford do Núcleo e o Modelo Atómico de Bohr, em escassos vinte anos mudaram a concepção da maior parte das leis da Física.

Às descobertas que se iam processando, sucediam-se em todo o mundo, em avalanche, as mais diversas aplicações.

Do ponto de vista da Protecção Contra Radiações, refira-se a título de exemplo, o período que antecedeu a I Grande Guerra Mundial, que foi aquele em que se consideraram todos os efeitos nocivos das radiações como deterministas, por consequência, requeriam doses de radiação, que excediam muitas vezes os limiares do razoável. A falta de cuidados aliada ao uso indiscriminado e à ignorância sobre as radiações com que se pretendia fazer diagnósticos quando pouco ou nada ainda se sabia, causa lesões gravíssimas provocadas pelas radiações a médicos e enfermos, pois as mãos e os braços ficavam expostos ao feixe primário. O número de casos aumentou exponencialmente durante a guerra dada a quantidade considerável de equipamento rudimentar que entrou em uso intensivo. Estima-se que de 1900 a 1920 mais de cem radiologistas morreram como consequência de sobre exposições, perfeitamente evitáveis (SPPCR (2001)).

A história da protecção contra as radiações, é riquíssima e foi fruto amargo do amadurecimento diário e de inúmeros desaires, gradualmente foi-se estruturando como ciência multidisciplinar. No "1º Congresso Internacional de Radiologia" que se realizou em Londres em 1925, uma das conclusões a que se chegou foi que urgia incrementar estudos sobre, medidas e unidades a adoptar. Deste 1º Congresso, vem a nascer em Londres em 1925, um órgão com a designação de *Internacional Commission On Radiation Units And Measurements* (ICRU) e a que hoje em dia se chama ICRP, *International Commission On Radiological Protection*.

³¹ Hoje em dia sabe-se que "Bergsucht" era nem mais nem menos do que um tipo de cancro do pulmão provocado pelos descendentes do radão inalados.

A protecção contra as radiações (nas suas componentes fundamentais, radiações ionizantes e radiações não ionizantes), requer cada vez mais a atenção de várias instituições, para a minimização das questões levantadas.



Figura II.23 – Símbolo da IRPA

Em Portugal é exemplo, a Sociedade Portuguesa de Protecção Contra Radiações, SPPCR, cujo objectivo é o desenvolvimento dos conhecimentos científicos e meios práticos para a Protecção do Homem e do Meio Ambiente contra os efeitos nocivos das radiações e, conseqüentemente, providenciar para que as radiações sejam utilizadas em benefício da Humanidade. Esta sociedade é uma associada da IRPA (Internacional Radiation Protection Association), associação internacional, fundada em Paris em 1964, por iniciativa de Karl Morgan. K. Morgan foi personagem fundamental no alicerce da Health Physics Society (HPS) a "Alma Mater" das Sociedades Científicas de Protecção Contra Radiações. Após o aparecimento da Health Physics Society (HPS) e seu conseqüente desenvolvimento, a semente lançada pelos pioneiros que objectivaram os seus ideais na formação daquela Sociedade Científica, germina fazendo alastrar a tendência para que cada País associe os elementos cujo ideal é o da Protecção Contra Radiações. Começam assim a surgir em quase todos os países, Sociedades Científicas dedicadas à Protecção Radiológica. Ainda que um pouco tardiamente, assim sucedeu entre nós. Em Portugal, após se ter constituído uma Comissão Promotora, em 1993, é admitida dois anos mais tarde no seio da IRPA. Recentemente, em Junho de 1998, foi-lhe atribuído o título de Instituição de Utilidade Pública por despacho do Primeiro Ministro do Governo Português (SPPCR, 2001).

Um dos últimos eventos organizados por esta sociedade foi uma Conferência Internacional sobre Campos Electromagnéticos (International Conference On Electromagnetic Fields, Health And Environment, EHE'06), que se realizou entre 27 e 29 de Abril de 2006 na ilha da Madeira.

2.9.1 Radiações Electromagnéticas e os meios de informação.



"Cada vez que utilizamos um telemóvel, cada vez que trabalhamos no computador, cada vez que nos sentamos diante da televisão, sofreremos os efeitos da poluição electromagnética."

Esta é uma frase que serve de introdução a um dos vários documentos existentes para o alerta e o esclarecimento da população em geral, relativamente ao problema ambiental das radiações electromagnéticas.

Em geral documentos, como o referido anteriormente, que têm por finalidade esclarecer e alertar a população sobre os riscos da poluição electromagnética, apresentam uma série de efeitos, a maioria nocivos, sobre os seres humanos.

O nosso sistema nervoso degrada-se progressivamente levando a um desequilíbrio do nosso sistema glandular. As glândulas, como a hipófise e a epífise, situadas no centro do cérebro, assim como a tiróide, não são poupadas. Os nossos neurónios sofrem também alterações. Os primeiros sinais que se manifestam são geralmente, ou uma fadiga anormal, ou um sono pouco reparador, ou ainda uma sensação de enervamento sem causa aparente. Podem surgir também falta de acuidade visual com irritação ocular, mudanças de humor, sensação de frio e angústias sem explicação. A seguir, uma série de sintomas aparecem: problemas na tiróide, impotência, dores de cabeça, desequilíbrios nervosos, cataratas, problemas cardíacos, alergias diversas, etc.

Temos ainda o risco de ver desenvolver mais facilmente doenças provocadas pela diminuição das defesas imunitárias do nosso organismo.

Fonte: Reis P. (2003). In, <http://electromagnetismo.com.sapo.pt/poluicao.htm>

Como podemos constatar através da leitura do texto anterior, é necessário que o leitor tenha a capacidade para criticar e duvidar sobre a veracidade das afirmações registadas. Cabe portanto ao leitor estar informado para poder descortinar o que verdadeiramente é válido e relevante.

Acreditamos que coisas tão simples como, por exemplo, quando um locutor de rádio diz: “*Está a ouvir a 90 FM*”, nem todo o cidadão é capaz de perceber que, o que o locutor pretende dizer, é que se está a ouvir uma emissão de rádio que transmite num sinal FM de rádio a uma frequência de 90 mega hertz.

Esclarecer e informar os cidadãos sobre este e outros assuntos de actualidade científica é portanto imprescindível e inadiável.

2.9.2 Radiações Electromagnéticas e o telefone móvel.

Um dos principais exemplos de preocupação quanto às Radiações Electromagnéticas Não Ionizantes, é o que diz respeito ao uso do telemóvel.

O uso indiscriminado deste aparelho e os consequentes efeitos nocivos que dele podem advir constitui, actualmente, uma das maiores preocupações da sociedade em geral. Contudo, para além das razões que se poderiam enunciar, bom seria que os utentes seguissem à risca as instruções dos fabricantes no que concerne à protecção contra radiações (de acordo com o que vem no manual do utilizador e que, por lei, acompanha sempre o equipamento).

Há vários anos que organizações científicas e mesmo associações técnico profissionais, vêm acompanhando as preocupações de instituições profundamente votadas ao incremento, das condições de protecção contra radiações desejáveis, tais como a Organização Mundial de Saúde (OMS).

Com a utilização de dispositivos auriculares próprios, entre outros, e a adequada colocação de antenas nas viaturas, o risco eventualmente suscitado pela sua utilização, será minimizado. A Comissão Internacional de Protecção Contra as Radiações Não Ionizantes (ICNIRP), tem-se preocupado bastante com os telemóveis, havendo alguns documentos significativos, alguns já referidos anteriormente (secção 2.4.2).

Recordando (secção 2.4.2.1) os limites recomendados em 1988 para uma taxa de absorção específica (SAR), as condições de emprego e de utilização dos telemóveis conduziram a que se tornasse aconselhável baixar o limite fundamental preconizado para exposições localizadas ao nível da cabeça. Actualmente ao nível do corpo humano (organismo inteiro), é 0,4w/kg para exposições profissionais e 0,08 w/kg para a exposição do público em geral.

Com efeito considerando as frequências de funcionamento e a pouca distância entre a antena do telemóvel quando o seguramos com a mão, e a cabeça, (condições de campo próximo) a distribuição de energia absorvida na cabeça é muito heterogénea. A comissão desde a referida data que recomenda que a SAR localizada ao nível da cabeça não ultrapasse 10w/kg

determinados em média sobre uma massa de tecido corporal de 10g (0,1w/10g para uma exposição profissional e 2w/kg em média sobre a massa de tecido de 10g (0,02w/10g) para a exposição do público).

É possível, em vários *sítios* na Internet, encontrar informação acerca deste assunto, concretamente, valores limite estabelecidos, medições efectuadas, entre outros. Hoje em dia é frequente encontrar também dispositivos à venda que pretensamente, protegem o ser humano dos *malefícios* da radiação a que fica sujeito quando utiliza um telefone móvel. A título de exemplo transcrevemos (do Inglês) um excerto da informação que está disponível (página de Internet indicada) num *sítio* intitulado *RF Safe's* (Radiofrequências Seguras).

"A questão não é "Será que a radiação dos telemóveis pode provocar alterações no ADN?"
Em baixo, as imagens mostram que sem dúvida podem! "A questão é" Poderá o nosso corpo reparar os danos causados no ADN sem que haja mutação dos genes?"

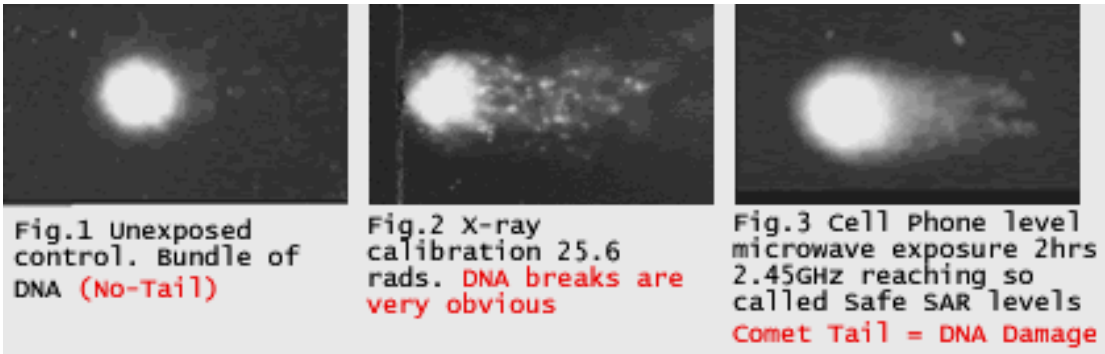


Fig.1 Unexposed control. Bundle of DNA (No-Tail)
Fig.2 X-ray calibration 25.6 rads. DNA breaks are very obvious
Fig.3 Cell Phone level microwave exposure 2hrs 2.45GHz reaching so called Safe SAR levels Comet Tail = DNA Damage

As figuras 1, 2 e 3, pretendem mostrar o controle (e as alterações) do ADN de um ser humano quando não está exposto a radiação (1), quando exposto a uma radiação de calibração (2) e quando sujeito à radiação equivalente à de um telemóvel, durante 2h, atingindo-se os *limites seguros* da SAR (3).

Fonte: *RF Safe's*. In, <http://www.rfsafe.com/index.php>.

Segundo leituras que fomos realizando ao longo deste estudo informações, como a exemplificada anteriormente, poderão ser alvo de contestação sob o ponto de vista científico uma vez que não são fornecidos esclarecimentos sobre o modo como foram obtidos estes resultados (i.e., o método experimental utilizado). No entanto, mesmo quando é esclarecido o método experimental, verificámos que este é muitas vezes posto em causa por outros investigadores.

Perante o referido, concluímos que é essencial estar atento e informado, continuamente!

Capítulo III

**PLANIFICAÇÃO E CONCEPÇÃO DOS MATERIAIS
DIDÁCTICOS**

3.1 Introdução

Neste capítulo procede-se à apresentação dos resultados decorrentes da reflexão pessoal sobre a leitura de documentos/artigos pesquisados. A construção dos recursos didácticos, deveu-se à realização de um trabalho, essencialmente de carácter qualitativo, que envolveu pesquisa e leitura de artigos de carácter científico e técnico relacionados com o tema das radiações electromagnéticas, visando a elaboração de materiais didácticos de orientação CTS, que permitissem a abordagem do tema – Radiações Electromagnéticas Não Ionizantes – e dos conceitos que lhe são inerentes, por alunos e professores.

Sendo as actividades, que constam dos referidos recursos, pensadas essencialmente para alunos do 11º ano de escolaridade e para o programa da componente de Física do respectivo ano, não poderíamos deixar de fazer uma breve referência ao respectivo programa e aos conteúdos/conceitos que é previsto abordar.

Assim, e de acordo com os actuais Princípios Orientadores da Revisão Curricular do E. S., a disciplina de Física e Química tem um programa nacional, sendo cada uma das componentes, Física e Química, leccionadas em cada um dos semestres do respectivo ano lectivo.

A disciplina de Física e Química A é uma das três disciplinas do tronco comum da componente de Formação Específica do Curso Geral de Ciências Naturais e do Curso Geral de Ciências e Tecnologias do Ensino Secundário (E. S.). Dá continuidade à disciplina de Ciências Físico-Químicas, do 3º ciclo Ensino Básico, 8º e 9º anos. Representa, por isso, uma via para os alunos aprofundarem conhecimentos relativos à Física e à Química, duas áreas estruturantes do conhecimento nas Ciências experimentais. É uma disciplina bienal (10º e 11º anos), com 4,5 h por semana, representando cerca de 16% da escolaridade de cada um dos anos (M.E., 2001)

3.2 O actual programa de Física do 11º ano

O programa da componente de Física pretende abranger um conjunto de temas e conceitos importantes para a consolidação, pelos alunos, de um modo de compreender, ainda que simplificado, de alguns fenómenos físicos segundo uma perspectiva de cidadania e que permita uma escolha consciente de uma carreira futura ligada (ou não) ao estudo destes assuntos.

Foram seleccionadas aprendizagens estruturantes que, no entender das autoras, permitissem aos alunos compreender que o conjunto de explicações usadas em Física constitui uma ferramenta importantíssima para a interpretação e compreensão do mundo actual.

3.2.1 Objectivos gerais do programa de Física

Os objectivos gerais definidos para a componente de Física, foram:

- Caracterizar o objecto de estudo da Física enquanto Ciência;
- Compreender conceitos (físicos) e a sua interligação, leis e teorias;
- Compreender a importância de ideias centrais, tais como as leis de conservação;
- Compreender o modo como alguns conceitos físicos se desenvolveram, bem como algumas características básicas do trabalho científico necessárias ao seu próprio desenvolvimento;
- Compreender alguns fenómenos naturais com base em conhecimento físico;
- Conhecer marcos importantes na História da Física;
- Reconhecer o impacto do conhecimento físico na sociedade;
- Diferenciar explicação científica de não científica;
- Referir áreas de intervenção da Física em contextos pessoais, sociais, políticos, ambientais, entre outras.
- Desenvolver competências sobre processos e métodos da Ciência, incluindo a aquisição de competências práticas/laboratoriais/experimentais.

As autoras do referido programa consideram que a componente de Física deve, nos 10º e 11º anos, constituir um “instrumento com o qual os alunos possam alcançar um modo de interpretação do mundo que os rodeia”. Salientam, que foi devido a diversas aplicações de muitas descobertas da Física que “a vida nos países desenvolvidos sofreu, no último século, uma enorme mudança”, como por exemplo, “o caso da rádio e da televisão, dos computadores, da Internet, dos raios X, do LASER e de outros exemplos bem conhecidos que influenciam, acompanham e muitas vezes determinam, a vida actual.”

A título de exemplo, é referida a “tecnologia do espaço” através da qual é possível ficarmos “em contacto quase instantâneo com qualquer ponto do globo por meio dos satélites de comunicações, previsões climatéricas muito aproximadas devido aos satélites meteorológicos ou, ainda, navegação precisa para qualquer local da Terra, usando sinais provenientes de satélites do GPS (Global Positioning System).”

Os autores deste programa tiveram em consideração uma das actuais linhas orientadoras da Educação em Ciências, nomeadamente, o ensino para a literacia científica dos cidadãos em geral. Segundo estes, o programa de Física deve proporcionar aos alunos “conhecimentos que lhes permitam acompanhar assuntos em que a Ciência e, neste caso particular, a Física, têm papel dominante” quer os alunos abandonem a aprendizagem das ciências no final do ensino secundário, quer prossigam no seu estudo.

3.2.2 Unidades temáticas do programa de Física

Foram seleccionados, para este programa do 11º ano, a *exploração do espaço* e a *comunicação*, no seu sentido mais lato. Concretamente, “o programa foi organizado em duas Unidades centradas em temáticas diferentes que se interligam na finalidade comum da compreensão dos conceitos e princípios básicos que permitem a comunicação na Terra e no espaço.”

No âmbito do tema – *Comunicações* – é pretendido que o aluno compreenda “como se realiza a transmissão de informação nas suas diversas formas, estudando os conceitos de som e radiação electromagnética, enquadrados no modelo geral da propagação ondulatória”. Neste tema, não é pretendido que o aluno formule a equação de propagação de ondas, mas sim que efectue um “estudo essencialmente por meio de observação e registos gráficos”, recorrendo para tal, ao uso de osciloscópios e de calculadoras gráficas.

Os conceitos de *campo eléctrico* e *magnético* “serão estudados qualitativamente, em termos da sua origem, acção, características, zonas de maior ou menor intensidade, apenas a partir da observação de espectros eléctricos e magnéticos e da sua representação pelas respectivas linhas de campo”. Não é pretendido o estudo de qualquer expressão de intensidade dos campos.

A unidade temática *Comunicações*, está subdividida em dois temas ou “objectos de ensino”:

- *Comunicação de informação a curtas distâncias;*
- *Comunicação de informação a longas distâncias.*

É no segundo tema – *Comunicação de informação a longas distâncias* – que se vão abordar os conteúdos físicos que estão directamente relacionados com a pesquisa e o trabalho que aqui se desenvolve.

A título de exemplo, são leccionados neste tema, conceitos que permitem:

- Compreender as limitações de transmitir sinais sonoros a longas distâncias, em comparação com a transmissão de sinais electromagnéticos, e consequente necessidade de usar ondas electromagnéticas (ondas portadoras) para a transmissão de informação contida nos sinais sonoros;
- Reconhecer marcos importantes na história do Electromagnetismo e das comunicações (trabalhos de Oersted, Faraday, Maxwell, Hertz e Marconi);
- Explicitar a necessidade de converter um sinal sonoro num sinal eléctrico de modo a poder modular uma onda electromagnética;
- Distinguir um sinal analógico de um sinal digital;
- Distinguir um sinal modulado em amplitude (AM) de um sinal modulado em frequência (FM);
- Enunciar as leis da reflexão e da refacção;
- Reconhecer as propriedades da fibra óptica para guiar a luz no interior da fibra (transparência e elevado valor do índice de refacção);

- Explicar, com base nos fenómenos de reflexão, refacção e absorção da radiação na atmosfera e junto à superfície da Terra, as bandas de frequência adequadas às comunicações por telemóvel e transmissão por satélite;
- Reconhecer a utilização de bandas de frequência diferentes nas estações de rádio, estações de televisão, telefones sem fios, radioamadores, estações espaciais, satélites, telemóveis, controlo aéreo por radar e GPS e a respectiva necessidade e conveniência.

3.2.3 Actividades práticas/ laboratoriais

Ao longo do programa várias são as actividades práticas e laboratoriais propostas. De um modo geral, todas as actividades propostas partem de uma *questão-problema* que é apresentada inicialmente ao aluno. Após reflexão e análise o aluno é levado a realizar uma actividade laboratorial através da qual procurará interpretar a situação em causa.

A título de exemplo, referimos a actividade que tem como objectivo levar os alunos a compreender como é possível transmitir informação sonora utilizando ondas electromagnéticas.

Nas comunicações por telemóvel e via satélite são utilizadas microondas de determinadas faixas de frequências. Em grandes cidades são construídas torres altas que suportam um conjunto de antenas parabólicas de modo a permitir a propagação ponto a ponto das microondas acima do topo dos edifícios.

Esta actividade tem como objectivo o estudo dos diferentes comportamentos e condições em que os referidos fenómenos podem ser observados com radiações de frequências diferentes (microondas e LASER), e ainda, compreender que aqueles fenómenos, comuns a qualquer tipo de onda, são fundamentais nos processos de comunicação. Com esta actividade é previsto abordarem-se também os fenómenos de reflexão, refacção, reflexão total, difracção e absorção de ondas.

3.3 Planificação e elaboração dos materiais didácticos

As autoras do programa destacam:

“...as aulas deverão ser organizadas de modo a que os alunos nunca deixem de realizar tarefas em que possam discutir pontos de vista, analisar documentos, recolher dados, fazer sínteses, formular hipóteses, fazer observações de experiências, aprender a consultar e interpretar fontes diversas de informação, responder a questões, formular outras, avaliar situações, delinear soluções para problemas, expor ideias oralmente e/ou por escrito” (ME, 2001, p.9).

Foi certamente a pensar nestes pressupostos que surgiram os materiais didácticos que se apresentam na secção 3.3.2 e que pretendem ser uma forma de abordar e de estudar o fenómeno das radiações electromagnéticas, neste caso em particular da gama não ionizante do espectro electromagnético, segundo a perspectiva CTS.

Como se sabe as finalidades actuais da educação científica dos jovens apontam no sentido dum ensino das ciências sob perspectivas mais culturais. O objectivo é a compreensão das relações entre a Ciência e a Tecnologia, e das suas implicações na Sociedade e, ainda, do modo como os acontecimentos sociais se repercutem nos próprios objectos de estudo da Ciência e da Tecnologia.

Este tipo de ensino privilegia o conhecimento em acção e é conhecido por “ensino CTS³¹” (Ciência-Tecnologia-Sociedade).

Segundo a perspectiva CTS o ensino da Ciência está estruturado em torno de duas ideias principais:

- i. A compreensão do mundo na sua globalidade e complexidade (requer o recurso à interdisciplinaridade com vista a conciliar os *diversos* saberes disciplinares).
- ii. Escolha de situações-problema do quotidiano, familiares aos alunos, a partir das quais se organizam estratégias de ensino e de aprendizagem. A aprendizagem de conceitos e de processos torna-se o ponto de chegada, não o ponto de partida.

Como já referido no capítulo I, a educação CTS pode assumir uma grande variedade de abordagens, mas a abordagem problemática tem sido a mais usada nos currículos. Nela utilizam-se grandes temas-problema da actualidade como contextos relevantes para o desenvolvimento e aprofundamento dos conceitos.

Na concepção dos recursos didácticos de Física, seguidamente apresentados, procurou-se que estes envolvessem:

- temas contemporâneos com valor social, nomeadamente problemas que preocupam a sociedade actual.
- relações entre experiências educacionais e experiências do quotidiano.
- conteúdos científicos (analisados mais sob o aspecto qualitativo e com menor ênfase no tratamento matemático)
- recursos variados, existentes também no exterior da escola (por exemplo em casa: uso das TIC/ Internet)
- participação activa dos alunos na busca de informação.
- combinação de actividades de formatos variados.

³¹ Ou, "CTS-A" (Ciencia-Tecnologia-Sociedade-Ambiente) dada a natureza ambiental dos problemas escolhidos para tratamento.

3.3.1 A construção dos materiais didácticos

Os materiais didácticos concebidos assentam em moldes tradicionais e simultaneamente actuais e inovadores. Conceberam-se Actividades Práticas de índole Laboratorial, para realizar em Laboratório (locais por tradição *adequados* à realização de actividades práticas) e conceberam-se outras actividades, também de carácter prático e laboratorial mas, para realizar num espaço “qualquer”, pois tratam-se de Actividades para *Laboratórios Virtuais* - para estas últimas é apenas necessário a existência das novas ferramentas da Informação e Comunicação: os computadores (de preferência³² com ligação à Internet).

Todas as **Actividades Práticas Laboratoriais (APL)** e **Virtuais (APV)** – foram construídas obedecendo a uma estrutura comum, típica de protocolos experimentais, concretamente:

- *Introdução* (referências históricas e definição de alguns objectivos);
- *Material*;
- *Procedimentos* (operações a executar, questões a explorar, indicações e chamadas de atenção para determinadas observações indispensáveis);
- *Sugestões de Pesquisa* (intituladas *Para saber mais...*, são sugeridas fontes de informação adicional, quase todas, sítios na Internet).

Sugerem-se também **Trabalhos de Pesquisa (TP)** sobre alguns conteúdos do programa.

Apresentam-se ainda uma série de textos, **Textos para abordagens CTS**, retirados dos meios de comunicação social (jornais, revistas, etc. digitais ou impressos), sob o tema das Radiações Electromagnéticas. Nestes textos é possível observar assuntos como “*preocupações da população*”, “*riscos e efeitos sobre a saúde*”, “*principais sintomas*”, “*precauções possíveis*”, “*esclarecimentos sobre a poluição electromagnética*”, “*esclarecimentos sobre as microondas*”, entre outros. Todos estes textos podem e devem servir como uma abordagem CTS para o ensino dos conteúdos do capítulo 2 (do 11º ano): *Comunicações*. Estes textos podem ser usados conjuntamente com uma Actividade Prática e ou com um Trabalho de pesquisa, essa decisão deverá ser tomada pelo professor, consoante o percurso/ interesse/ curiosidade que os seus alunos demonstrem.

Os objectivos **Científicos**, de cada actividade, foram definidos tendo por base as orientações curriculares e aparecem na tabela anexada à apresentação das actividades. Relativamente aos objectivos **Tecnológicos** e **Sociais**, estes devem ficar um pouco ao critério de cada professor, consoante os interesses/motivações e o meio social e económico dos alunos, consoante a actualidade/pertinência dos assuntos a abordar, entre outros.

³² De preferência mas, não imprescindível, uma vez que algumas das simulações apresentadas são descarregáveis e executáveis em qualquer computador, desde que possuam os programas Java e Flash instalados (também estes de fácil e rápida instalação disponíveis gratuitamente em vários sítios na Internet).

De referir, no entanto, que a abordagem de alguns dos textos, aqui sugeridos, pode dar um enfoque *Social* do tema com o qual a actividade se relaciona; dependendo do texto poderá também ser focada a perspectiva *Tecnológica* que lhe está associada. Por outro lado, os objectivos *Tecnológicos*, são talvez os mais evidentes em todas as Actividades Práticas pois, o tema do programa (*Comunicações*) que está subjacente a todas as actividades é fortemente Tecnológico.

No final, na secção de anexos, apresentam-se ainda alguns complementos de informação para algumas das Actividades de Práticas Laboratoriais que à partida poderão ser de maior complexidade de execução e/ou de mais difícil compreensão/interpretação quer para o aluno quer para o professor.

A diversidade de propostas apresentada relaciona-se com a heterogeneidade que é o Ensino no geral – quer no que respeita a alunos, quer no que respeita a instalações escolares. O professor perante os factos que tem à frente deve ser versátil e adaptar-se às condições (humanas e materiais) de que dispõe.

3.3.2 Apresentação dos materiais didácticos

	Título	Objectivos de domínio Científico Esta actividade permitirá ao aluno...
Trabalhos de Pesquisa (TP)	(TP1) As Ondas Hertzianas	⇒ Descrever e interpretar a experiência do dipolo de Hertz; ⇒ Reconhecer a importância da experiência de Hertz na comprovação da teoria de Maxwell; ⇒ Reconhecer neste exemplo histórico, a importância da Física como proporcionadora de meios para a evolução da sociedade - na sua educação, cultura, economia, etc.
	(TP2) A Gaiola de Faraday	⇒ Explicar em que consiste o fenómeno da difracção e as condições em que pode ocorrer.
	(TP3) Efeitos dos Campos Electromagnéticos no Ser Humano	⇒ Identificar efeitos dos campos electromagnéticos sobre os seres humanos, e reflectir sobre o problema social implícito.

	Título	Objectivos de domínio Científico Esta actividade permitirá ao aluno...
APL	(APL1) O Osciloscópio	⇒ Conhecer o funcionamento do instrumento (osciloscópio) principalmente das suas funções mais básicas/ essenciais.

Actividades Práticas Laboratoriais (APL)	(APL2) A Experiência de Oersted	⇒ Identificar um campo magnético B como uma grandeza que se manifesta através da acção que exerce, por exemplo, sobre um íman; ⇒ Reproduzir a experiência clássica de Hans Christian Oersted e construir um galvanómetro simples e útil.
	(APL3) Campo Magnético de um Solenóide	⇒ Identificar um campo magnético B como uma grandeza que se manifesta através da acção que exerce, por exemplo, sobre correntes eléctricas; ⇒ Reconhecer que um campo magnético B também tem origem em correntes eléctricas; ⇒ Interpretar as propriedades do campo magnético através da observação experimental de esquemas representativos das respectivas linhas de campo (campos criados por uma corrente eléctrica);
	(APL4) (A) Força magnética entre fios (B) Acção do Campo Magnético sobre as Correntes	⇒ Verificar que o campo magnético é um campo vectorial. ⇒ Interpretar as propriedades do campo magnético através da observação experimental (campos criados por ímanes), nomeadamente, verificar que o campo magnético é um campo vectorial. ⇒ Identificar um campo magnético B como uma grandeza que se manifesta através da acção que exerce, por exemplo, sobre correntes eléctricas. Caracterizar essa acção.
	(APL5) A Gaiola de Faraday	⇒ Explicar em que consiste o fenómeno da difracção e as condições em que pode ocorrer.
	(APL6) A Indução Magnética	⇒ Compreender e comprovar o fenómeno de indução magnética. ⇒ Identificar os factores que o influenciam/ condicionam a ocorrência deste fenómeno.
	(APL7) Transmissão de Som por Radiação LASER (A) Modulação em Amplitude e Frequência (B) Fibras Ópticas	⇒ Compreender em que consiste a modulação de uma onda electromagnética (quer em frequência quer em amplitude); ⇒ Reconhecer as propriedades da fibra óptica para guiar a luz no interior da fibra (transparência e elevado valor do índice de refracção); ⇒ Relacionar o índice de refracção da radiação relativo entre dois meios com a relação entre as velocidades de propagação da radiação nesses meios; ⇒ Explicitar as condições para que ocorra reflexão total da luz, exprimindo-as quer em termos de índice de refracção, quer em termos de velocidade de propagação.
	(APL8) As Aventuras da Água no Microondas	⇒ Relacionar a rotação/vibração das moléculas da água com a frequência e a amplitude da radiação incidente. ⇒ Analisar e compreender propriedades características da radiação electromagnética.
	(APL9) Campos Electromagnéticos	⇒ Analisar, compreender e interpretar propriedades do campo magnético, como: a variação do seu valor com a distância e com a direcção.
	(APL10) Comunicação por Radiação Microondas)	⇒ Observação e análise de alguns fenómenos ondulatórios como a refracção, difracção e reflexão.

	Título	Objectivos de domínio Científico Esta actividade permitirá ao aluno...
Actividades Práticas Virtuais (APV)	(APV1) Simuladores de Microondas	⇒ Relacionar a rotação/vibração das moléculas da água com a frequência e a amplitude da radiação incidente. ⇒ Analisar e compreender propriedades características da radiação electromagnética.
	(APV2) Simuladores de Ondas	⇒ Permite analisar propriedades características das ondas como a frequência, amplitude, comprimento de onda, etc. ⇒ Analisar e compreender melhor os fenómenos ondulatórios como a refacção, reflexão, difracção e interferência.
	(APV3) O Laboratório de Faraday	⇒ Reconhecer que um campo magnético B também tem origem em correntes eléctricas; ⇒ Interpretar as propriedades do campo magnético através da <i>simulação virtual</i> de esquemas representativos das respectivas linhas de campo (campos criados por uma corrente eléctrica).
	(APV4) O Osciloscópio	⇒ Analisar o funcionamento do instrumento (osciloscópio), principalmente das suas funções mais básicas/essenciais, necessárias aos alunos nesta fase da sua escolaridade.

	Título	Objectivos de domínio Social e Tecnológico Esta actividade permitirá ao aluno...
Textos para Abordagens CTS	Zonas livres de microondas?	⇒ Discutir temas actuais com valor <i>Social</i> , nomeadamente problemas globais que preocupam a sociedade; ⇒ Estimular a criação de pontes entre matérias curriculares e: - experiências e vivências dos alunos em contextos não escolares. - problemas sociais e culturalmente relevantes de âmbito local, nacional ou global; ⇒ Fomentar nos alunos o pensamento crítico essencial à tomada de decisões no quotidiano; ⇒ Confrontar <i>vantagens</i> e <i>desvantagens</i> da utilização das radiações Electromagnéticas. Conhecer a sua controvérsia; ⇒ Conhecer aplicações <i>tecnológicas</i> dos campos electromagnéticos; ⇒ Formular e responder a questões, avaliar situações, delinear soluções para problemas, expor ideias;
	Extinção de pássaros	
	Como funcionam os fornos de microondas?	
	«Guerra tecnológica» para garantir o segredo papal	
	As linhas de alta tensão são prejudiciais para a saúde?	
	Perigo rodeia mil alunos	

3.3.2 Considerações sobre as opções tomadas: Trabalho Práticos

Dourado (2001) refere que alguns autores, como Woolnough (1991), consideram que trabalho prático corresponde a trabalho laboratorial, por outro lado, Hodson (1992) refere que "existe um certo grau de confusão e de ingenuidade na suposição de que o trabalho prático implica necessariamente trabalho de laboratório". Ainda Hodson (1988), afirma que trabalho prático, enquanto recurso didáctico à disposição do professor, inclui todas as actividades em que o aluno esteja activamente envolvido (no domínio psicomotor, cognitivo e afectivo). São, por isso, também consideradas como trabalho prático, a pesquisa de informação em diferentes fontes, o desenho de uma estratégia de resolução de problemas (Pro, 2000), actividades de resolução de problemas de papel e lápis, de pesquisa de informação na biblioteca ou na *Internet*, de utilização de simulações informáticas, etc. (Hodson, 1988)

3.3.2.1 Porquê, Laboratórios Virtuais e Simulações?

É sabido que o trabalho de laboratório é uma parte integrante da ciência e do ensino da ciência, e também, segundo as actuais teorias do ensino, se presume que os estudantes aprendem melhor quando estão activamente envolvidos na pesquisa de informação e na investigação e aplicação do conhecimento.

Perante o descrito a tecnologia pode ser uma ferramenta poderosa nas aulas para o desenvolvimento de competências analíticas. É, por isso, necessário ter presente as *Vantagens dos Laboratórios Virtuais*:

- A Tecnologia (TIC³³) é utilizada como ferramenta para ensinar e aprender.
- Os alunos experimentam recursos familiares e motivadores que podem reforçar a aprendizagem.
- Implicam o trabalho colaborativo
- Os alunos recebem *retorno* imediato da sua prática.
- As limitações de dinheiro, equipamento/material laboratorial e tempo podem ser mais facilmente superados.

É ainda de salientar que os Laboratórios *on-line* podem aumentar, estender e até reforçar a experiência laboratorial dos alunos, no entanto, não devem ser um substituto de experiências reais no laboratório. Há que ter sempre presente as competências que é suposto os alunos desenvolverem do tipo processual, conceptual, social, axiológico, etc. através da preparação, realização e avaliação de actividades práticas de natureza laboratorial.

³³ Tecnologias de Informação e Comunicação.

3.4 Materiais didácticos

Apresentam-se em seguida os materiais didácticos concebidos.

O conjunto dos materiais que aqui se apresentam subdivide-se em quatro tipos:

- Actividades Práticas Laboratoriais (APL ou, abreviadamente, AL);
- Actividades Práticas Virtuais (APV);
- Trabalhos de Pesquisa (TP);
- Textos para Abordagens CTS.

No final desta dissertação, no capítulo anexos, encontram-se textos e outros elementos informativos que têm por fim complementar algumas das actividades aqui sugeridas (em cada Actividade em que tal situação ocorra, existe uma chamada de atenção para o facto).

Estes esclarecimentos adicionais são por vezes de âmbito científico e frequentemente com um grau de aprofundamento que ultrapassam os objectivos pretendidos para as Actividades, por este motivo, considerámo-los destinados aos professores ou a alunos que pretendam saber mais.

3.4.1 Actividades Práticas Laboratoriais

O conjunto de actividades que a seguir se apresentam, designadas abreviadamente por Actividades Laboratoriais, constitui um grupo de dez sugestões pensadas para abordar alguns conteúdos programáticos da componente de Física do 11º ano de escolaridade.

Os conceitos e objectivos que é suposto os alunos alcançarem com a realização destas Actividades encontram-se definidos na tabela da secção 3.3.2.

As Actividades que aqui se expõem podem ser utilizadas de forma global, não necessariamente todas, nem sequer pela ordem que aqui se apresentam. Cabe ao professor gerir a realização das Actividades consoante os alunos que possui, os recursos materiais e o tempo que dispõe.

Actividade Laboratorial (1)

O OSCILOSCÓPIO

- Conhecimentos essenciais –

Introdução

O osciloscópio analógico, inventado em 1897 por Ferdinand Braun, é um dos instrumentos de medida mais importantes e versáteis utilizados em Física. É indispensável em qualquer tipo de laboratório e em situações tão diversas como nos diagnósticos médicos, na mecânica de automóveis, na prospecção mineral, em laboratórios de electrónica etc

O osciloscópio permite estudar um sinal eléctrico (variável no tempo) que é visualizado no ecrã sob a forma de uma onda.

- O eixo horizontal representa normalmente o **tempo**.
- O eixo vertical mostra geralmente a diferença de potencial (**d.d.p.**).
- A visualização da onda no espaço (ecrã) é causada por um "ponto" que periodicamente "varre" o ecrã da esquerda para a direita.
- Cada quadrado da grelha é uma **divisão** (DIV) unitária.

Quando a visualização se efectua de forma calibrada, o osciloscópio possibilita a medição de amplitudes, tempos, frequências, fases, etc. Uma das características importantes do osciloscópio é também a de permitir visualizar simultaneamente dois sinais, facilitando assim a sua comparação em termos de amplitude, atraso temporal, entre outras.

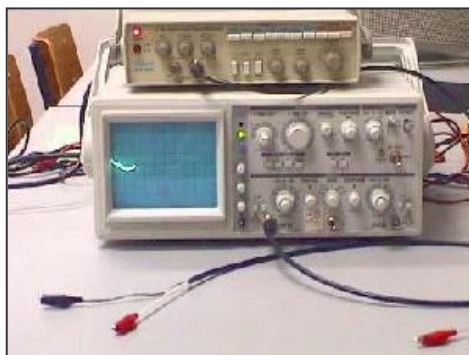


Figura AL1.1 – Osciloscópio analógico

O osciloscópio típico tem um pequeno ecrã, ligações de entrada e botões e teclas de controlo no painel frontal. O sinal a medir é introduzido por uma ligação de entrada, (geralmente coaxial). Se a fonte do sinal tiver uma ligação coaxial, é usado um cabo coaxial simples, caso contrário, usa-se um cabo específico chamado *ponta de prova*, fornecido com o osciloscópio.

No modo de funcionamento mais simples, o osciloscópio gera, ciclicamente, no meio do ecrã uma linha horizontal da esquerda para a direita, chamada *traço*. Um dos controles, o controle da *base tempo* (fig. 2) ajusta a velocidade com que a linha é gerada sendo calibrada em segundos por divisão. Se a tensão (d.d.p.) de entrada partir de zero, o traço será deflectido para cima ou para baixo.

Um outro controle, o controle vertical (11, fig. 2), ajusta a escala da deflexão vertical, e é calibrado em volts por divisão (VOLTS / DIV). O traço resultante é um gráfico: d.d.p. / tempo.

Se o sinal de entrada for periódico, uma linha estável pode ser obtida ajustando o controle *base tempo* para se ajustar com a frequência do sinal de entrada.

Por exemplo, se o sinal de entrada for uma onda sinusoidal de 50Hz, (período = 20 ms), o controle *base tempo* deve ser ajustado de modo a que o tempo entre varrimentos horizontais sucessivos seja 20ms. Este modo é chamado de *varrimento* contínuo.

Infelizmente, algumas vezes o controle *base tempo* de um osciloscópio não é exacto, e a frequência do sinal de entrada não é absolutamente estável, fazendo com que a linha deslize através do ecrã dificultando as medições. Para fornecer um traço mais estável, os osciloscópios modernos têm uma função chamada *disparador* (*Trigger*). Ao usar esta função, a linha *faz* uma pausa cada vez que o varrimento alcança o lado direito do ecrã. A pausa durará até haver uma ordem específica para gerar a linha seguinte.

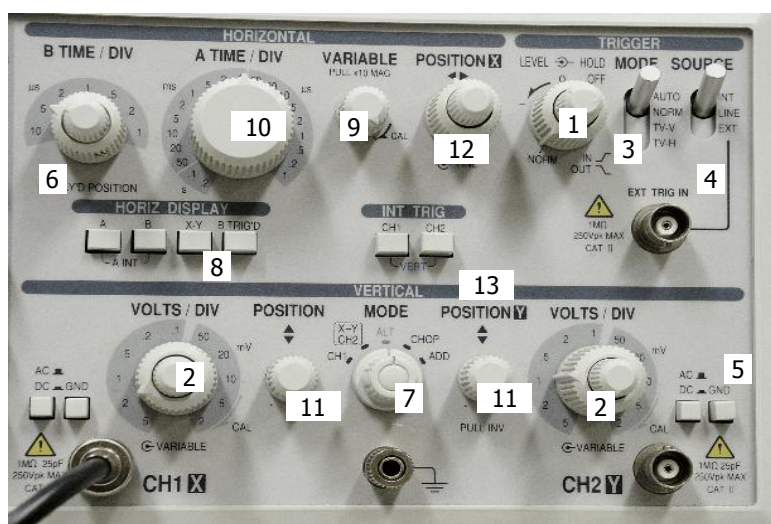


Figura AL1.2 – Vista em pormenor do osciloscópio

Legenda:

1. Interno: ajuste de nível Trigger; Externo: ajuste de Holdoff
2. Amplificador vertical: canal 1 e 2
3. Modo normal/auto/e TV
4. Selector de origem de trigger: interno, de rede ou externo.
5. Selector AC/DC e botão de ground (terra)
6. Base de tempo B.
7. Modo Chop e Alternate Holdoff
8. Modo XY e Yt
9. Posição de ajuste fino da velocidade de varrimento ou calibrado.
10. Base de tempo A: ajuste da velocidade de varrimento.
11. Ajuste de posição vertical do traço CH³⁴1 e CH2
12. Externo: Ajuste de posição horizontal; Interno: ajuste fino.
13. Escolha da fonte de disparo CH1 e CH2

Para mais informação, ver Anexo III. AL1

³⁴ CH: abreviatura em inglês de *channel* – canal

Como usar um osciloscópio... Experimenta e verifica!

O funcionamento de um osciloscópio é semelhante ao de uma televisão: em ambos os casos existe um tubo de vácuo (sem ar) cuja superfície interna é impregnada de uma substância fluorescente que emite luz quando bombardeada por um feixe de electrões. O percurso dos electrões até ao ecrã é influenciado por forças eléctricas a que os electrões são sujeitos e que dependem do tipo e da intensidade do "sinal" que é aplicado no osciloscópio. O tubo referido é considerado o elemento básico de um osciloscópio e é denominado por *tubo de raios catódicos*.

Duas das partes cruciais deste aparelho são as placas verticais e horizontais (figura 3). A imagem que vemos no ecrã (figura ao lado) resulta da interacção dos impulsos vertical e horizontal. A trajectória que observamos no monitor é uma descrição gráfica do modo como varia com o tempo a grandeza em estudo.

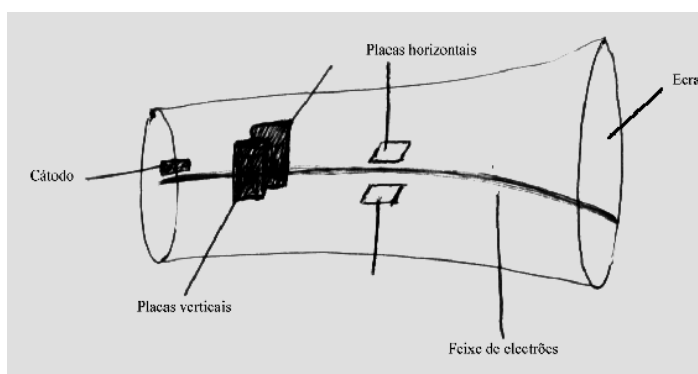
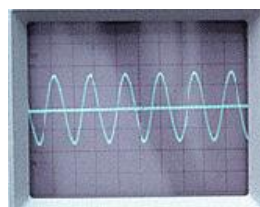
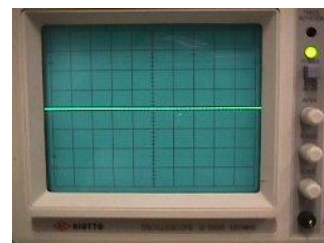


Figura AL1.3 - Esboço esquemático de um osciloscópio.

Posições iniciais dos comandos

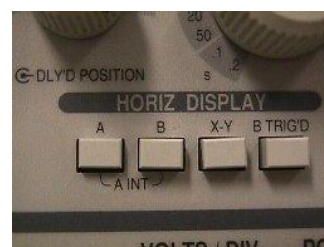
Após ligar o osciloscópio deve-se ajustar os potenciómetros de luminosidade e focagem para o aparecimento de um traço fino no ecrã. Procurando as posições standard é mais fácil numa primeira fase obter um primeiro traço o que facilita o ajuste posterior dos comandos para posições mais optimizadas em relação ao pretendido.

Atenção: nunca aumentar muito a luminosidade do traço e sobretudo nunca deixar um ponto luminoso imóvel no ecrã.



Canal 1

- 1V/div calibrado
- Velocidade de varrimento mediana, calibrada
- Desligar amplificação extra segundo X ou Y
- Trigger interno canal 1
- Hold off no mínimo
- Procurar o traço com ajustes de offset X e offset Y
- Ajustar a luminosidade e focagem.
- Nesta fase use apenas a base de tempo A



Actividade Laboratorial (2)

A EXPERIÊNCIA DE OERSTED

Introdução

Em 1822, durante uma aula experimental, o professor de física dinamarquês Hans Christian Oersted descobriu que uma corrente eléctrica ao atravessar um fio condutor deslocava a agulha de uma bússola que se encontrava próximo, portanto eram exercidas forças na agulha magnética. Concluiu assim que a corrente eléctrica (cargas em movimento) origina um campo magnético, detectado pelo movimento da agulha.

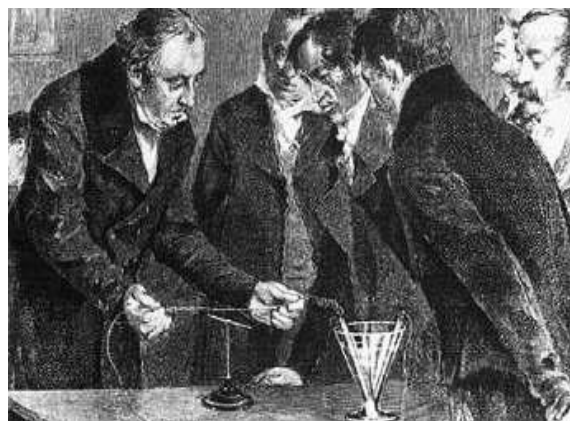


Figura AL2.1 – Gravura do séc. XIX – Oersted a fazer uma demonstração da sua experiência.

Esta foi uma das mais importantes descobertas da electricidade. Foi com base nesta descoberta que foi possível, construir motores e geradores que fazem hoje parte do dia-a-dia da vida moderna.

Material

- Uma bússola simples.
- 2 ou 3 pilhas de 1,5 Volts.
- 3 resistências, de preferência de 1 Ohm cada.
- Cerca de dois metros de fio de cobre de pequena espessura $\approx 0,1$ mm (atenção é necessário raspar as extremidades para tirar o verniz do fio).
- Fios condutores.

Procedimento

Coloca uma bússola sobre a mesa e deixa a agulha girar livremente até apontar na direcção Norte-Sul (A). Enrola um fio fino de cobre em torno da bússola dando cerca de 30 voltas, na direcção Norte-Sul, deixa duas pontas soltas. Encosta uma das pontas no pólo negativo de uma pilha de 1,5 Volts. Depois, encosta a outra ponta ao pólo positivo. A agulha deverá girar imediatamente afastando-se da direcção Norte-Sul (B). Esta foi a descoberta acidental de Oersted!

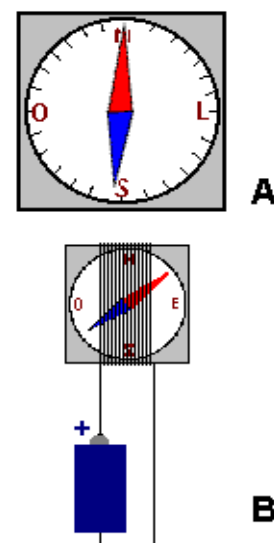


Figura AL2.2 – Esquema da montagem (A) e (B)

Construção de um galvanómetro

Modificando este arranjo, podemos construir um galvanómetro, isto é, um aparelho para medir correntes ou diferenças de potencial eléctrico. Usa 1 ou 2 pilhas e 1, 2 ou 3 resistências em série para montar um circuito como o representado ao lado. Na figura, vemos duas pilhas e duas resistências, mas, podes usar só uma de cada, depois duas, etc. O importante é registar, para cada valor da d.d.p. total das pilhas e da resistência total, o ângulo de deflexão da agulha da bússola. Podes colocar sob a agulha um círculo de papel com marcações (18 ou 36, por exemplo!).

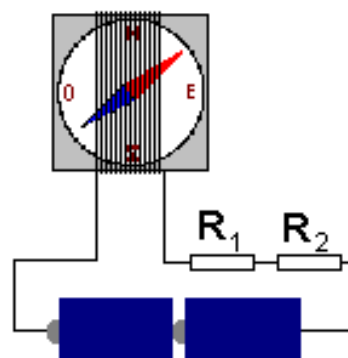


Figura AL2.3 – Esquema da montagem do galvanómetro.

Elabora uma tabela com uma coluna para a d. d. p. (em Volts), outra para a resistência total (em Ohms) e outra para o ângulo de deflexão da agulha. Com esta tabela, podes calibrar o teu galvanómetro, que poderá ser usado como medidor de corrente ou de d. d. p. noutras experiências.

Análise

Quanto maior o valor da corrente eléctrica que atravessa o fio, maior será a deflexão da agulha. A corrente em Amperes pode ser calculada usando a lei de Ohm, $I = V/R$, onde V é a d. d. p. total das pilhas (em Volts) e R é a resistência total (em Ohms). Variando V e/ou R , obtemos pares de valores da corrente (ou da d. d. p.) e do ângulo de deflexão. Com esses valores, podes traçar um gráfico de calibração do galvanómetro. Com este gráfico, basta medir o ângulo de deflexão da agulha para obter/estimar o valor de uma corrente desconhecida.

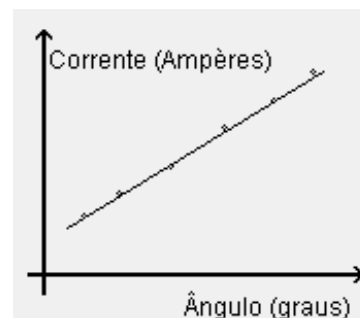


Figura AL2.4 – Gráfico de calibração do galvanómetro.

Para saber mais...

- <http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/compass/index.html> (aqui, no sítio Molecular Expressions (2004b), pode visualizar-se o resultado desta experiência na forma virtual)
- http://oficina.cienciaviva.pt/~pv0625/Experiencia_Oersted.htm (descrição experimental e outras informações, desta e de outras experiências de magnetismo, realizadas no âmbito do projecto Ciência Viva, 2003).

Actividade Laboratorial (3)

CAMPO MAGNÉTICO DE UM SOLENÓIDE

Este trabalho tem como principal objectivo, mostrar a existência de um campo magnético no interior de um solenóide finito (ou bobina), quando uma corrente eléctrica o atravessa. A experiência é bastante simples e requer materiais acessíveis e de baixo custo.

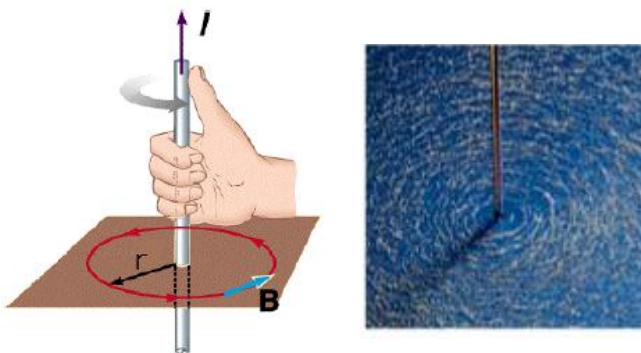
Através do efeito visual proposto, podemos explorar conceitos físicos como a impulsão ou magnetização de materiais. Para que se possa compreender melhor os conceitos abordados são apresentados em anexo (anexo III. AL3) exemplos simples e de aplicação prática envolvendo o princípio físico do electroíman.

Introdução

A história da ciência do magnetismo remonta à descoberta de propriedades de materiais como a *magnetite*, quando suspensa livremente, orienta-se aproximadamente ao longo da direcção norte-sul. Este objecto formava uma bússola magnética primitiva. Mais tarde, descobriu-se que barras de ferro podiam adquirir esta mesma propriedade da magnetite. Barras assim, diziam-se magnetizadas e eram conhecidas como ímanes.

Os ímanes atraem também limalha de ferro e a região onde se acumula a limalha é conhecida como pólo do íman. Os ímanes possuem um pólo norte (N) por onde saem as linhas de campo e um pólo sul (S) por onde elas entram. Se uma bússola é colocada nas proximidades de um íman, sentir-se-ão forças nos pólos da agulha da bússola. Diz-se então que na região em volta do íman há um campo magnético e que a agulha da bússola se alinha na direcção deste campo.

Em 1819, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851), foi o primeiro cientista a notar a deflexão sofrida pela agulha de uma bússola quando colocada nas proximidades de um fio percorrido por corrente eléctrica. Esta observação teve importância fundamental, pois sugeriu imediatamente que deve haver alguma ligação entre electricidade e magnetismo. Foi observado também que as linhas de campo em torno de um fio longo percorrido por corrente, formam círculos concêntricos que obedecem à *regra da mão direita* (Figuras AL3.1).



Figuras AL3.1 – A *Regra da Mão Direita* é um truque simples para saber o sentido das linhas de campo magnético (e do campo), em torno de um fio percorrido por uma corrente eléctrica.

As descobertas de Oersted influenciaram trabalhos de outros grandes cientistas que tiveram importantes contribuições no estudo das relações entre electricidade e magnetismo. Entre os principais nomes podemos citar: J. Baptiste Biot, F. Savart, André-Marie Ampère, Joseph Henry, Michael Faraday, Heinrich Lenz, entre outros. De facto, poucas semanas após a descoberta de Oersted, o brilhante físico francês André-Marie Ampère (1775-1836) mostrou experimentalmente que, quanto aos efeitos magnéticos externos, um íman permanente pode ser substituído por um solenóide³⁵ conveniente.

Um solenóide (ou bobina) é basicamente um fio enrolado, compacto, de modo a possuir a forma de um tubo. Se o comprimento do solenóide for aproximadamente da ordem de dez vezes o seu diâmetro (ou maior), o campo magnético produzido em seu centro, quando percorrido por uma corrente, é bastante uniforme. As linhas de campo para uma corrente que percorre um solenóide são mostradas na figura AL3.2.

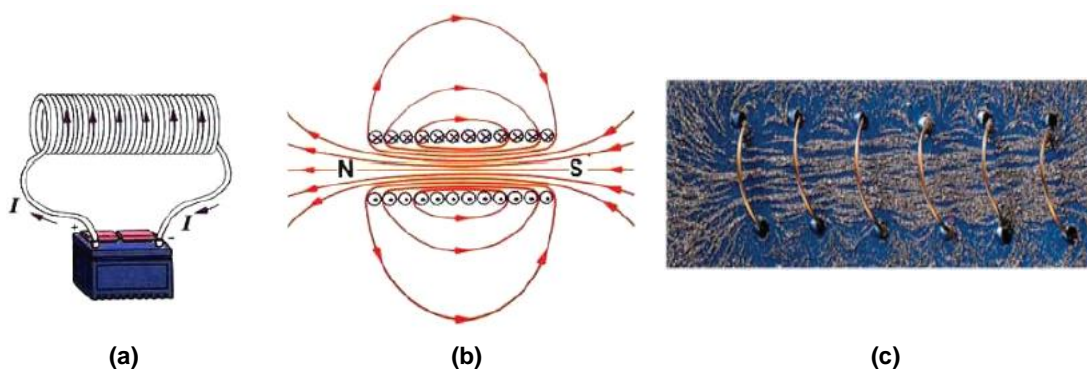


Figura AL3.2 – (a) Solenóide percorrido por uma corrente eléctrica, I
(b) e (c) Linhas do campo magnético num solenóide criado pela corrente eléctrica, I .

As figuras (b) e (c) evidenciam a semelhança destas linhas de campo magnético, com as linhas de campo geradas por um íman natural.

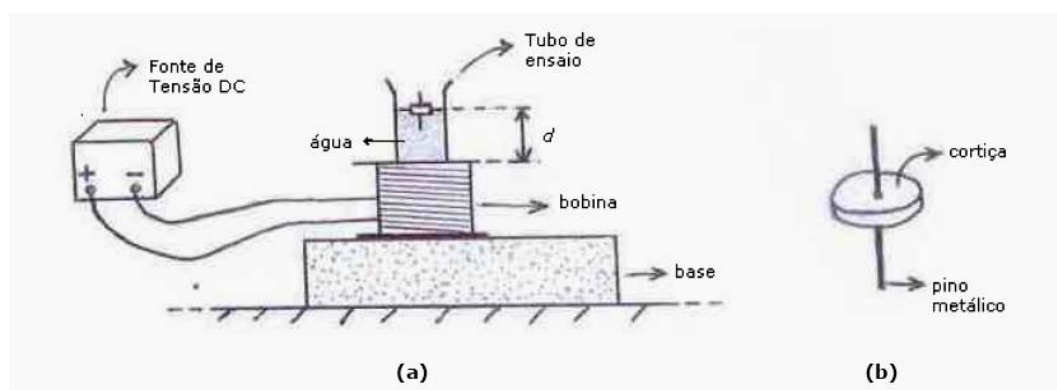


Figura AL3.3 – (a): Montagem experimental; (b): Detalhes do corpo prova.

³⁵ Solenóide vem da palavra grega *solēn* que significa tubo.

Para saber mais...

- <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/viewtopic.php?t=276> – Fu-Kwun Hwang (2005), apresenta (em inglês) um simulador das linhas de campo magnético num fio condutor, numa espira ou num solenoide (de raio variável).

- <http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/index.html> – sítio designado por MIT TEAL/Studio Physics Project, permite visualizar em *Magnetostatics: The Magnetic Field of a Moving Positive (Negative) Charge*, animações das linhas de campo magnético criada por uma carga (positiva ou negativa) em movimento e, em *Faraday's Law: Creating a Magnetic Field*, visualizas as linhas do campo magnético num solenóide.

Material

- Um pedaço de esferovite (base);
- 1 tubo de ensaio;
- água;
- rolha de cortiça;
- 1 clipe (metálico de ferro);
- fonte de alimentação, corrente contínua mas variável (0 a 15V; 2 A).

Procedimento experimental

A montagem experimental proposta, está ilustrada na figura 3.

Um pedaço de esferovite serve como suporte (base) tanto para a bobina, como para o tubo de ensaio (um furo apropriado na esferovite mantém o tubo estável). O líquido a utilizar poderá ser a água. Para manter o corpo de prova suspenso, pode usar-se cortiça (ou esferovite).

O corpo prova consiste num clipe metálico inserido num disco de cortiça.

É conveniente no período inicial do trabalho realizar os cálculos teóricos necessários para obter uma estimativa das ordens de grandeza envolvidas no trabalho, principalmente o número de espiras por unidade de comprimento (n). Para isso podem realizar-se medidas experimentais do campo magnético na superfície de um íman vulgar, para que se possa ter uma ideia da intensidade do campo a atingir e, desta forma, fazer uma estimativa de n e da corrente eléctrica a ser utilizada.

Descrição da experiência

Esta experiência consiste basicamente em mostrar a acção do campo magnético produzido por um solenóide finito sobre um corpo prova com propriedades ferromagnéticas.

Quando a fonte de alimentação é ligada, a corrente que circula através da bobina cria um campo magnético no seu interior, magnetizando o *pino* metálico (de ferro ou de uma liga ferromagnética) na mesma direcção deste campo (já que o material do qual é feito o *pino*, possui

propriedades ferromagnéticas). O corpo prova irá então, comportar-se como um pequeno íman que é atraído para o centro da bobina, ou seja, irá afundar na água. Este comportamento é mostrado na figura AL3.4.

Para explorar um pouco mais o conceito de magnetização, podemos proceder da seguinte forma: colocamos no fundo do tubo, um pedaço do mesmo material metálico, utilizado no corpo prova (pode ser um clipe inteiro), e mantemos o corpo prova à superfície da água. Ao ligarmos o campo magnético externo, **B** (gerado pela corrente na bobina), o mesmo actuará sobre os dois corpos (o clipe no fundo e o corpo prova na superfície), magnetizando-os na mesma direcção de **B**. Ao desligarmos o campo (ou seja, a fonte), essa magnetização é mantida por um certo tempo fazendo com que o clipe magnetizado mantenha o corpo prova submerso (esta magnetização que ainda subsiste durante um certo tempo é conhecida por magnetização remanescente).

Aproximando-se agora, um íman permanente do fundo do tubo, dois fenómenos podem ocorrer, dependendo da polaridade do íman. A figura AL3.4 ilustra esse procedimento.

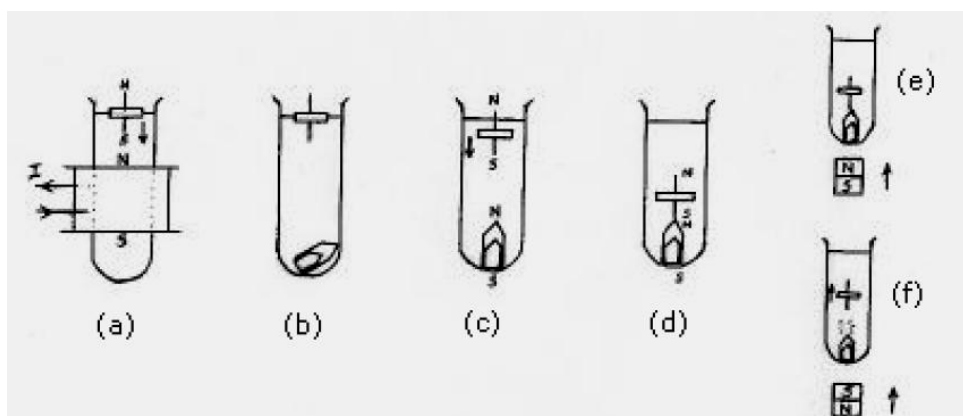


Figura AL3.4 – Acção do campo magnético sobre um corpo com propriedades ferromagnéticas.

- (a): Processo de magnetização do corpo prova. Quando a corrente, I , percorre a bobina, o campo magnético produzido no seu interior, **B**, induz uma magnetização no pino com mesma polaridade, atraindo o corpo para baixo;
- (b): configuração utilizada para mostrar o conceito de magnetização (sem campo);
- (c): quando o campo **B** é criado, o corpo prova afunda e o clipe no fundo também é magnetizado;
- (d): mesmo sem a existência do campo, a magnetização induzida no clipe mantém o corpo prova submerso;
- (e): ao aproximarmos um íman permanente com polaridade paralela ao **B** inicial, a actual configuração mantém-se;
- (f): agora, ao invertermos a polaridade do íman, a magnetização induzida no clipe também é invertida, causando a repulsão do corpo prova, e a vinda à superfície.

No primeiro caso, a presença do íman apenas *reforça* a magnetização já existente, mantendo o corpo prova submerso. No segundo caso, o campo magnético do íman induz uma magnetização *inversa* nos metais, fazendo surgir uma força de repulsão entre o clipe e o corpo prova, permitindo deste modo, o retorno deste corpo à superfície.

Actividade Laboratorial (4A)

FORÇA MAGNÉTICA
Forças entre Fios

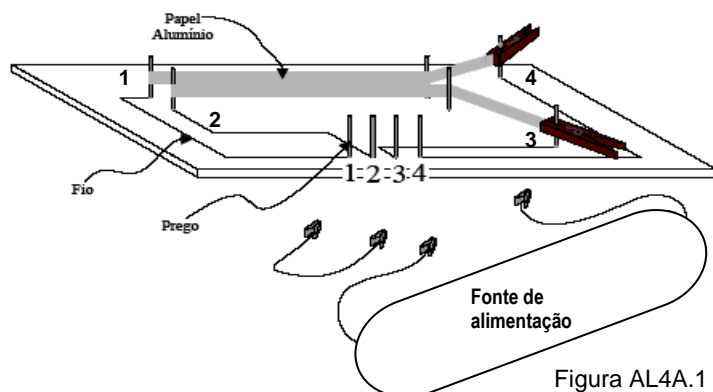


Figura AL4A.1 – Esquema da montagem experimental.

Introdução

Esta é uma experiência simples de realizar, no entanto, é necessário efectuar a montagem prévia de uma base de trabalho. Um esquema possível da estrutura é mostrado na figura anterior.

O objectivo desta actividade experimental é permitir verificar a ocorrência de forças de interacção electromagnéticas devido à passagem de uma corrente eléctrica em fios condutores (paralelos). Permite ainda verificar as características das referidas forças consoante o sentido da corrente eléctrica.

Material

- 10 pregos, que servirão de eléctrodos;
- fonte de alimentação em CC;
- fios condutores para ligar as pilhas ao circuito principal que é composto por dois pedaços finos de papel alumínio (aprox. 1cm de largura) presos aos pregos.

Procedimento

Os eléctrodos 1 e 2 (ou 3 e 4) são ligados à fonte de alimentação. De acordo com o esquema, a corrente irá passar nas duas folhas de papel alumínio em paralelo ou em série consoante a ligação que se efectua da fonte aos contactos numerados.

- Se ligarmos, o contacto “um” com o “dois”, e o “três” com o “quatro”, o circuito estará em série e as correntes que passarão nas folhas de alumínio estarão em sentidos opostos, isso criará uma força de repulsão entre as folhas de alumínio.
- Se ligarmos o contacto “um” com o “três” e o “dois” com o “quatro”, então o circuito estará em paralelo, o que criará uma força de atracção entre as folhas de alumínio.

Nota: A base onde é montado o circuito poderá ser de um material transparente (acrílico, por exemplo) para que possa ser projectado no retroprojector e permitir uma visualização mais alargada.

Actividade Laboratorial (4B)

FORÇA MAGNÉTICA

Acção do Campo Magnético Terrestre sobre Correntes Eléctricas

Introdução

A Terra pode ser considerada um ímã gigantesco.

O magnetismo terrestre é atribuído a enormes correntes eléctricas que circulam no núcleo do planeta, que é constituído por ferro e níquel no estado líquido, devido às altas temperaturas.

Por convenção, chamamos pólo norte da agulha magnética àquele que aponta para a região próxima do pólo norte geográfico.

Tendo em conta que, pólos iguais repelem-se e pólos contrários atraem-se, podemos concluir que:

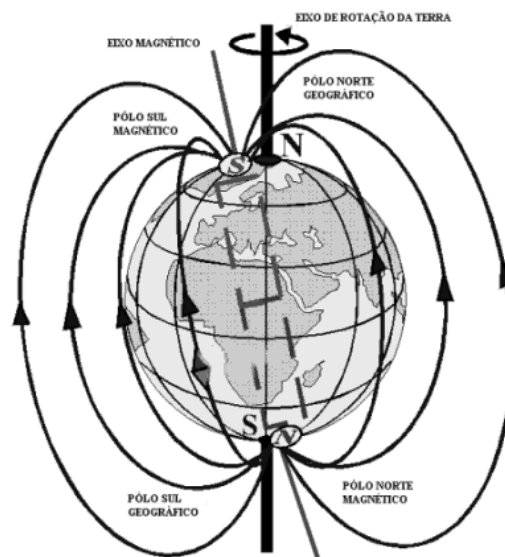


Figura AL4B.1 – Representação das linhas de campo magnético terrestre.

- i) Se a agulha magnética aponta para uma região próxima do pólo norte geográfico é porque nessa região existe um pólo sul magnético;
- ii) Se a mesma agulha aponta, o seu pólo sul magnético, para uma região próxima do pólo sul geográfico. Logo, nas proximidades do pólo sul geográfico existe o pólo norte magnético.

Em vários locais da Terra, os pólos norte geográfico e sul magnético têm os sentidos coincidentes. No entanto, na maior parte dos locais, forma-se um ângulo entre a direcção do norte geográfico, ou norte verdadeiro, e a direcção indicada pela bússola. Este ângulo, entre as direcções do pólo norte geográfico e do pólo sul magnético, é chamado de **declinação magnética**.

Essa declinação é representada em mapas.

É importante notar que esse tipo de mapa é datado (figura AL4B.2), pois a localização dos pólos magnéticos altera-se com o tempo. As linhas mostram a declinação magnética média. Numa escala maior, representando regiões menores, elas podem ter traçados muito irregulares, por causa das condições geológicas da região. Nas proximidades das jazidas de ferro, por exemplo, o sentido do campo magnético terrestre é fortemente alterado.

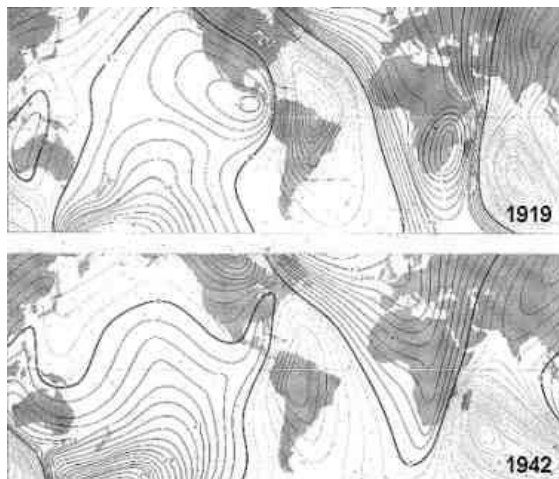


Figura AL4B.2 – Mapas com a declinação magnética terrestre.

Além da declinação magnética, a configuração do campo magnético causa outro efeito, a **inclinação magnética**. A agulha da bússola não se mantém na horizontal, mas permanece inclinada. Essa inclinação só pode ser vista com a utilização de bússolas especiais.

A inclinação magnética é mais acentuada nas regiões de maior latitude, próximas aos pólos magnéticos. Perto dos pólos magnéticos, esta inclinação é cerca de 90°, pois nessas regiões a direcção do campo magnético é praticamente vertical.

As diversas propriedades magnéticas das rochas do sub solo podem causar alterações no campo magnético terrestre de um local para outro. Além disso, podemos notar num mesmo local, de uma época para outra, variações magnéticas bastante evidentes. Medições feitas num determinado lugar, durante um longo período de tempo, mostram que o campo magnético sofreu mudanças rápidas, algumas vezes cíclicas, e mudanças lentas.

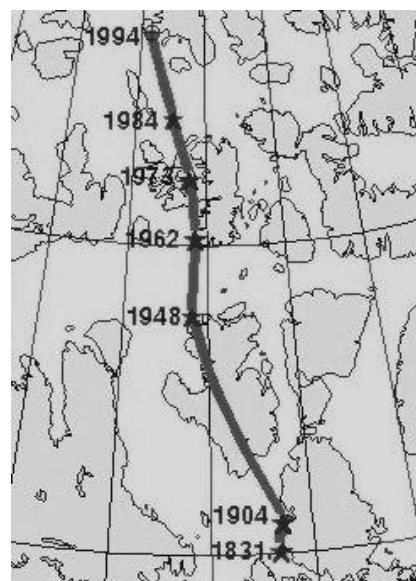


Figura AL4B.3 – Posição do pólo sul magnético em função do tempo.

Entretanto, a velocidade da variação é imprevisível. Já que nem a intensidade, nem a direcção das variações são constantes. Os pólos magnéticos têm mudado a sua localização no decorrer do tempo. A figura AL4B.3 mostra a posição do pólo sul magnético (pólo norte geográfico) ao longo de vários anos.

Material

- tira de papel alumínio de 1m de comprimento e 1cm de largura (aproximadamente);
- suporte isolante;
- fonte de alimentação DC, que produza uma corrente de intensidade aproximadamente 2A.

Procedimento

A tira de papel alumínio deve colocar-se nos suportes como representado na figura AL4B.4 (suportada lassa pelos extremos).

Mediante a passagem da corrente eléctrica DC (corrente contínua), de intensidade de cerca de 2A, por um breve intervalo de tempo, ela apresentará um ligeiro deslocamento. Invertendo-se o sentido da corrente, inverte-se também o sentido do deslocamento.

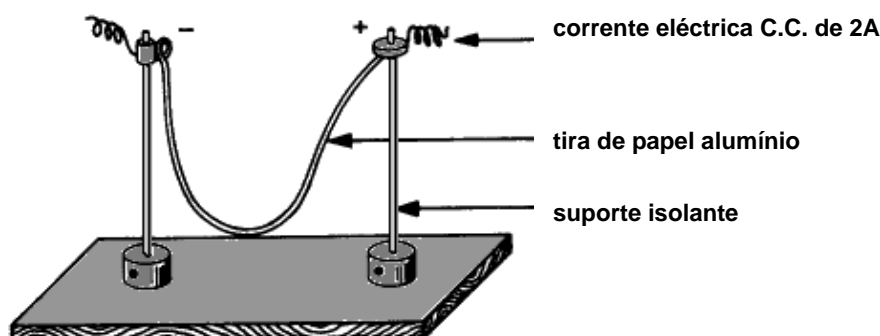


Figura AL4B.4 – Esquema da montagem experimental.

Caracteriza a força magnética que o campo magnético (terrestre ou não) exerce sobre cargas eléctricas em movimento ordenado (corrente eléctrica).

Usa a regra da mão direita sempre que necessário.

- ⇒ Qual a melhor orientação geográfica a ser dada à fita para visualizar melhor o seu deslocamento durante a passagem da corrente? Porquê?

Para saber mais...

- <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica7/funciona/bussola.htm> – sítio designado por *Sala de Física* de Silva, L. C. M. (2002) – podemos observar o Funcionamento virtual de uma bússola magnética.
- <http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/index.html> – sítio designado por MIT TEAL/ Studio Physics Project (com diverso software interactivo, óptimo para simular e visualizar fenómenos electromagnéticos), em Magnetostatics – *The Magnetosphere of the Earth*, podes visualizar animações computadorizadas das linhas do campo magnético terrestre (entre outras).
- <http://www1.fis.uc.pt/museu/147.HTM> – página do Museu de Física da Universidade de Coimbra (2005) – Disco de Delezenne.

Actividade Laboratorial (5)

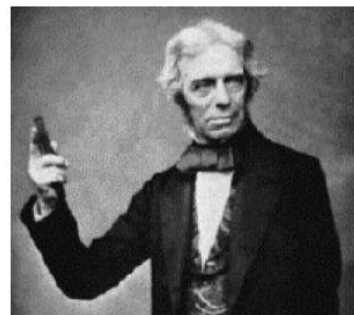
A GAIOLA DE FARADAY

Introdução

Michael Faraday (1791 e 1867). Frequentemente considerado um dos grandes experimentalistas no campo da electricidade e magnetismo.

De entre as suas inúmeras *descobertas* contam-se o princípio da Indução Magnética em 1831 e a “*Gaiola de Faraday*” descrita pela primeira no seu diário em 1836.

Uma **Gaiola de Faraday** é uma blindagem eléctrica, ou seja, uma superfície condutora que envolve uma dada região do espaço e que pode, em certas situações, impedir a ocorrência de perturbações produzidas por campos eléctricos e ou electromagnéticos externos. A experiência seguinte, muito simples, evidencia uma dessas propriedades da gaiola de Faraday.



Material

- ✓ Um rádio receptor portátil (FM - frequência modulada)
- ✓ Um telefone móvel (telemóvel)
- ✓ Uma folha de papel de alumínio (do que utilizamos para envolver os alimentos)
- ✓ Uma folha de jornal

Procedimento

1. Com o receptor de rádio, sintoniza em FM uma emissora que tenha um bom sinal.
2. Envolve o receptor com a folha de jornal e analisa (auditivamente) o que acontece.
3. Retira a folha de jornal que envolve o rádio e usa agora a folha de papel alumínio, envolvendo-o totalmente.
4. Repete os procedimentos 2 e 3 usando agora o telefone móvel.
5. Regista o observado.
6. Tenta explicar o sucedido com base nos conhecimentos adquiridos.

Outros procedimentos possíveis

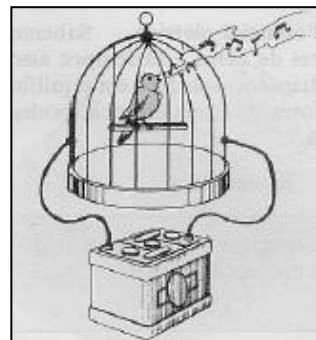
- a) em vez do papel alumínio podes usar uma gaiola para pássaros (podem ser testados vários tipos de gaiolas – é necessário, no entanto, certificares-te que toda a armação é totalmente metálica);
- b) com a gaiola (anterior), podes testar o funcionamento do rádio em FM (ou do telemóvel) colocado no seu interior;
- c) Sugestão: presta atenção à sintonia do rádio num carro quando este passa em túneis;
- d) Questões oportunas:
 - Porque razão é frequente colocar nos automóveis a antena exterior ao veículo?
 - Porque razão nem sempre se consegue realizar uma chamada de um telemóvel quando se está por baixo de um túnel?

A saber...

Ao facto em questão dá-se o nome de **blindagem electrostática**

Os portadores de carga eléctrica distribuem-se pela superfície exterior do condutor fazendo com que o corpo, situado dentro da superfície, permaneça livre de acções eléctricas provenientes do exterior.

A gaiola de Faraday, é basicamente uma gaiola feita de um material condutor, esta impede a entrada de campos electromagnéticos cujos comprimentos de onda sejam superiores ao tamanho da rede (isto é, ao espaço correspondente a cada quadrado). Quando o comprimento de onda se aproxima do tamanho de rede da gaiola, esta deixa de ser eficaz, como se pode constatar com a gaiola de um pássaro: a radiação luminosa, de comprimento muito inferior ao tamanho de cada quadrado da rede, passa perfeitamente, sendo por esse motivo possível observar o pássaro e todo o interior da gaiola.



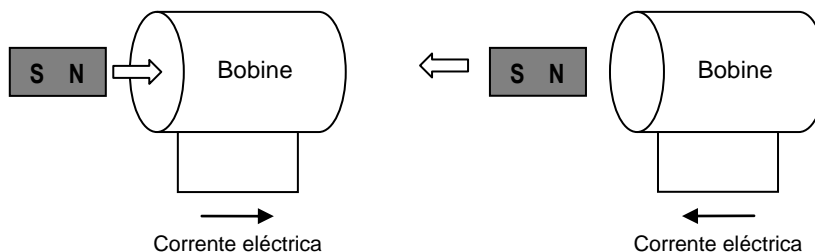
Para comprovar este facto poderás montar uma pequena experiência, cujos procedimentos te indicamos na Actividade Laboratorial intitulada Indução Magnética.

Actividade Laboratorial (6)

INDUÇÃO MAGNÉTICA

Introdução

O fenómeno da indução magnética foi primeiro estudado pelo americano Joseph Henry, em 1830 e pelo inglês Michael Faraday, em 1831.



Pode verificar-se experimentalmente que aproximando de uma bobine o pólo Norte de um íman, se produz nela uma corrente eléctrica (com o circuito da bobine fechado), e ao afastar o íman da bobine se produz uma corrente de sentido contrário.

Estes fenómenos verificam-se também com o pólo Sul, mas os sentidos das correntes são opostos. Verifica-se ainda que o valor da corrente é maior se se deslocar o íman com maior velocidade. Quando se mantém o íman imóvel, cessa a corrente. Este fenómeno tem o nome de *indução magnética*.

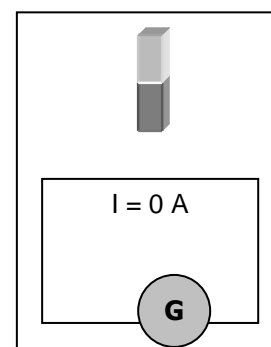
Material

✓ 1 Fio condutor de comprimento aproximado a 50 cm (em alternativa, uma bobine com um número bastante elevado de espiras, quanto maior o número de espiras melhor - mais facilmente poderá o galvanómetro acusar a passagem de corrente);

✓ 1 Galvanómetro, de grande sensibilidade;

✓ 1 Imane.

⇒ Monta um circuito, como o representado no esquema ao lado.



Poderás testar em que condições o galvanómetro indica a passagem de corrente

- Com o imane em repouso?
- Com o imane em movimento (por entre o aro formado pelo condutor)? Quando avança e/ ou quando recua?
- Com o imane em repouso e o circuito “em movimento”?
- Provocando deformações sucessivas no circuito (fio condutor)?

Sugestões de consulta

- <http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/faraday2/> – no *sítio* Molecular Expressions (2004a), encontrarás esta mesma experiência no modo virtual.
- <http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/visualizations/faraday/inductance/inductance.htm>, em MIT TEAL/ Studio Physics Project, podes ver um vídeo e uma animação que ilustram a lei de Faraday.
- <http://www1.fis.uc.pt/museu/147.HTM> – página do Museu de Física da Universidade de Coimbra (2005) – Disco de Delezenne.

Actividade Laboratorial (7A)

TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÃO A LONGAS DISTÂNCIAS

AM e FM

Introdução

Para compreender a tecnologia subjacente às comunicações é necessário entender como se pode transmitir informação áudio ou visual para grandes distâncias. Para que tal, utilizam-se as operações de modulação e desmodulação. A modulação consiste em sobrepor um sinal de informação a uma onda portadora. A desmodulação é a operação inversa, consistindo em retirar a informação da onda portadora.

Tipicamente, a modulação da onda portadora pode incidir sobre um dos seguintes parâmetros:

Amplitude – modulação em amplitude. Frequência – modulação em frequência.

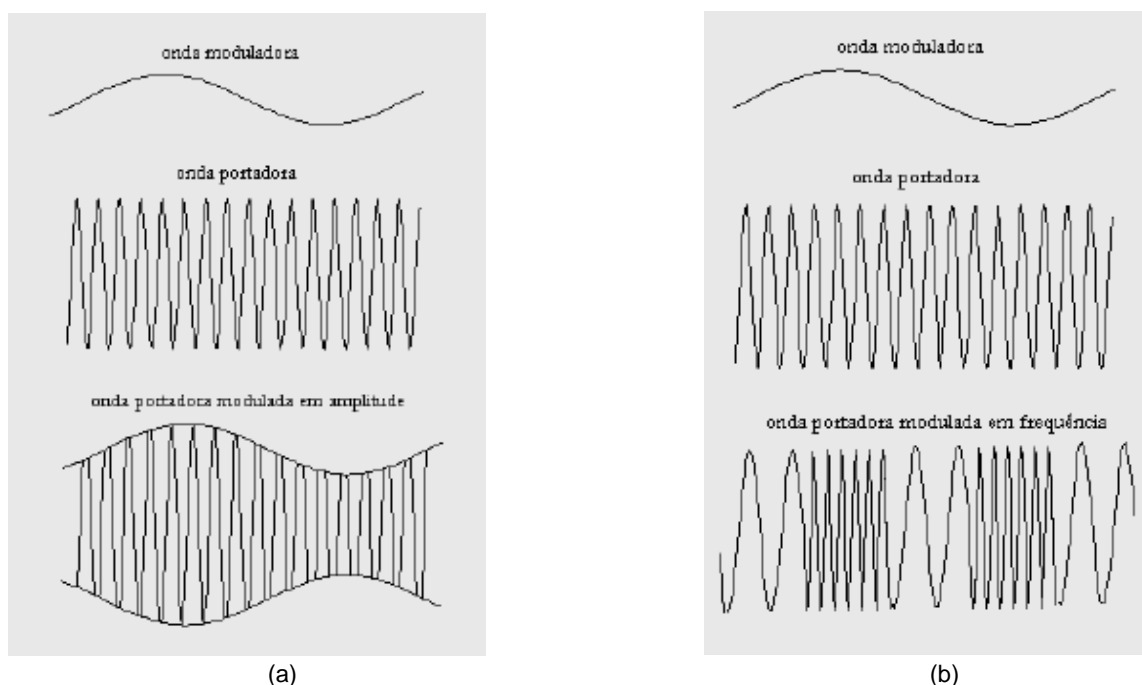


Figura AL7A.1 – (a) Modulação em amplitude (b) Modulação em frequência

A **modulação em amplitude** consiste em fazer variar a amplitude da onda portadora, de frequência constante, de acordo com a amplitude do sinal a transmitir.

A **modulação em frequência** consiste em fazer variar a frequência da onda portadora, mantendo constante a amplitude.

Para demonstrar a comunicação óptica, podemos modular um laser semiconductor em amplitude, introduzindo um sinal áudio na fonte de alimentação do laser. Com um receptor apropriado o sinal áudio e a onda portadora são separados e deste modo é possível transmitir informação utilizando a luz laser.

O sinal transmitido pode ser ouvido convertendo o sinal do receptor em som através de um altifalante ou então pode ser visualizado no osciloscópio.

Material

× Para a modelação de uma onda electromagnética, saída de um gerador de sinais, com um sinal áudio proveniente de um outro gerador de sinais:

- 2 geradores de sinais
- 1 Osciloscópio
- Fios de ligação

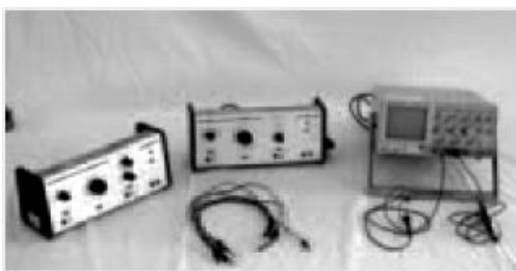
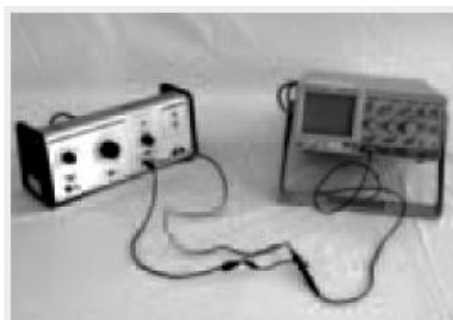


Figura AL7A.2 – Material necessário



(a)



(b)

Figura AL7A.3 – (a) Ligação entre o amplificador de um dos geradores de sinais a um dos canais do osciloscópio. (b) Sinal modulado

Procedimento

- Ligar o amplificador de um dos geradores de sinais (1) a um dos canais do osciloscópio (fig. 8).
- Ligar o outro gerador de sinais (2) [com sinal áudio] do mesmo modo ao outro canal do osciloscópio.
- Ligar os dois geradores de sinais entre si.

Na saída que diz AM saem dois fios para o gerador de sinais (2). Do amplificador do gerador de sinais (1) saem dois fios que vão ligar a um dos canais do osciloscópio.

Escolhe-se uma frequência elevada num dos geradores (frequência da portadora) e uma frequência no domínio do audível no outro gerador de sinais.

Para saber mais...

No simulador do PhET Physics Education Technology (2006), podes visualizar em *Sonido y Ondas: Fabricação de Ondas*, vários tipos de ondas, e o resultado da soma de duas ou mais ondas (à tua escolha). O endereço é: http://www.colorado.edu/physics/phet/web-pages/simulations-base_es.html.

Actividade Laboratorial (7B)

TRANSMISSÃO DE SOM POR RADIAÇÃO LASER – Fibras Ópticas –

A transmissão de informação numa fibra óptica é conhecida há muito, no entanto, só a partir dos anos 70 foi possível desenvolver vidros com elevados índices de refração e grande transparência, o que permitiu a utilização em larga escala das fibras ópticas em comunicações.

Como se processa a propagação dessa informação através de fibras ópticas?

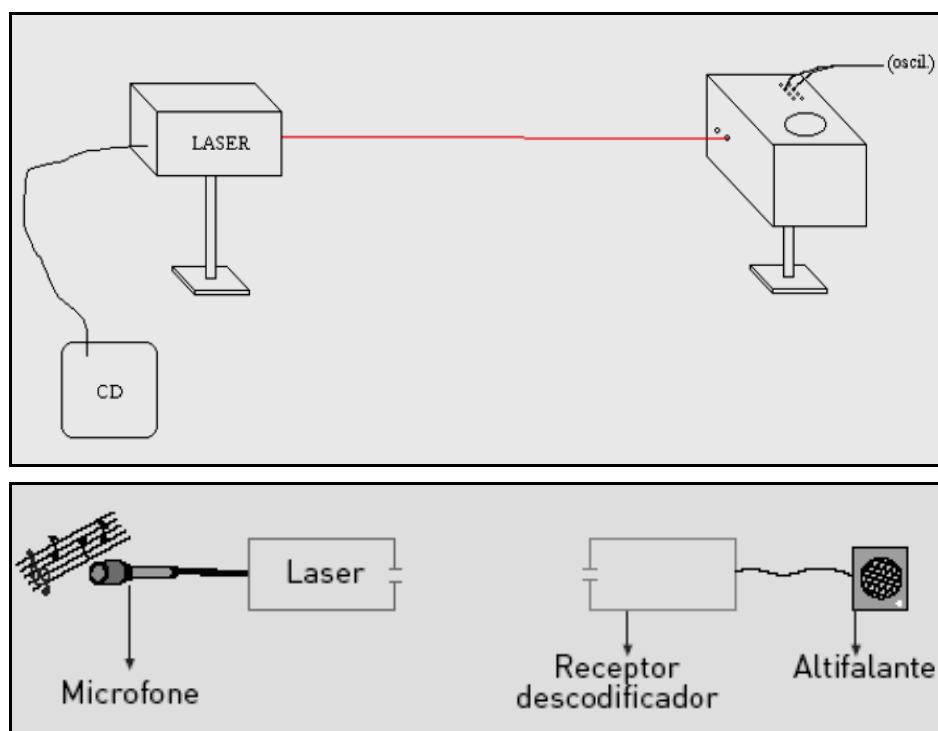
Informação complementar na secção de Anexos, Anexo III. AL7B.

Material necessário

- 1 LASER de semiconductor (com modulador para que a radiação emitida possa ser modulada)
- 1 Microfone
- 1 Fonte sonora (um diapasão ou um leitor de CD, por exemplo)
- 1 Receptor que permita a descodificação
- 1 Osciloscópio ou altifalante
- 1 Fibra óptica com 2 a 3m

Montagem experimental

São de seguida apresentados dois diagramas esquemáticos das montagens experimentais possíveis, para a realização desta actividade.



Figuras AL7B.1 – Esquemas experimentais “Transmissão de som por radiação laser”.

Procedimento e Discussão

- Ligar o leitor de CD ao LASER ou, ligar o microfone ao LASER (através da entrada *modulação*) e introduzir um sinal áudio no microfone.
 - Ligar o LASER e visualizar, com as precauções necessárias, o feixe de luz à saída deste.
 - Ligar o osciloscópio ou o altifalante ao receptor-descodificador.
 - Intercalar uma fibra óptica entre a saída do LASER (modulador) e o receptor (com detector de luz: fotodíodo) que permite a desmodulação.
 - Visualizar no osciloscópio e/ou ouvir através de um altifalante, o sinal sonoro transmitido.
- Quais as características do feixe luminoso que sai do LASER?
 - Explica com base na experiência a vantagem de enviar o sinal áudio pela fibra e não pelo espaço.

O laser semiconductor é modulado na alimentação com um sinal áudio proveniente do leitor de CD. O receptor para descodificar o sinal pode ser ligado a um altifalante ou a um osciloscópio, sendo deste modo possível ouvir e observar o sinal áudio proveniente do leitor de CD.

Poderás modular o laser na alimentação com diversos sinais áudio ou vídeo e ouvir ou observar estes sinais em receptores apropriados. Poderás ainda modular o feixe laser externamente obstruindo o feixe com uma roda dentada. Neste caso, devido à interrupção do feixe, irás observar no osciloscópio um sinal que está relacionado com a rotação da roda dentada.

Para saber mais...

- <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/viewtopic.php?t=297> – simulador (Java) de Fu-Kwun Hwang (2005). É possível simular a trajetória dos raios luminosos dentro de uma fibra óptica de índice de refração variável. A localização da fonte de luz é também variável (em inglês)
- http://pt.wikipedia.org/wiki/Cabo_de_fibra_óptica - Informação sobre fibras ópticas na Wikipédia (1995).
- <http://www.ifi.unicamp.br/foton/site/port/intro.htm> – Museu Virtual sobre a fibra óptica, elaborado pela UNICAMP Universidade Estadual de Campinas (2004).
- <http://www.seara.ufc.br/especiais/fisica/lasers/laser5.htm> – Aplicações dos *lasers* no dia-a-dia disponibilizada pela Universidade Federal do Ceará (2005).
- <http://www.seara.ufc.br/especiais/fisica/lasers/laser4.htm> – Um pouco sobre a história do *laser*, disponibilizada pela Universidade Federal do Ceará (2005).

Actividade Laboratorial (8)

AVENTURAS DA ÁGUA NO MICROONDAS

Material

- Papel de alumínio
- Um prato raso

Ingredientes

- Água
- 1 Clara de ovo
- Batatas



Actividade 1

As microondas atravessam o papel de alumínio?

- Descasca uma batata e corta-a em duas metades de dimensões aproximadamente iguais.
- Embrulha uma delas em papel de alumínio tendo o cuidado de a cobrir na totalidade. Evita deixar pontas do papel de alumínio soltas para evitar o aparecimento de faíscas durante o processo de cozedura.
- Coloca ambas as metades da batata simultaneamente no prato rotativo do forno.
- Liga o forno durante 20-30 s numa potência média (600 W).

Actividade 2

A intensidade das microondas no interior do forno é uniforme?

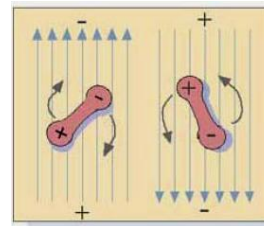
- Separa uma clara de um ovo. Bate-a ligeiramente.
- Espalha a clara uniformemente no prato do microondas.
- Retira o dispositivo de rotação e coloca o prato directamente sobre o fundo do forno (caso o microondas disponha de um botão para essa função basta seleccionar a opção de paragem do prato)
- Liga o forno durante 20 s numa potência média (600 W).
- Retira o prato e verifica que apenas algumas zonas da clara de ovo se encontram cozinhadas.
- Volta a colocar o dispositivo de rotação. Liga o forno por mais 20 s. Verifica que agora o padrão de cozedura da clara de ovo é mais uniforme.

Nota: esta actividade também pode ser realizada com uma tablete de chocolate, em alternativa à clara de ovo.

Outras questões

Porquê ter cuidado ao aquecer líquidos?

Quando se aquecem líquidos no microondas em recipientes muito lisos, por exemplo de vidro de elevada qualidade, pode dar-se um fenómeno de sobreaquecimento. Quando aquecemos água à pressão atmosférica, a temperatura não sobe acima dos 100 °C, porque a essa temperatura a pressão do vapor da água é igual à pressão atmosférica e podem formar-se bolhas de vapor que vão libertando a energia fornecida. No entanto em recipientes polidos no microondas pode não existir o "motor de ignição" que origina o aparecimento das primeiras bolhas de vapor. Nesse caso a água pode aquecer demasiado sem ferver. Este processo é perigoso - só falta a faísca para se dar a *explosão!* - que em geral é despoletada pelo retirar do recipiente do microondas ou pela introdução do saco de chá na água: nesse momento a água ferve toda de uma vez só e com tal violência que em geral sai toda do recipiente podendo provocar graves queimaduras.



Porque é difícil cozer "Ao Sal" no microondas?

Quando se cobre completamente com sal de cozinhas um alimento para o confeccionar "ao sal", a crosta de sal que se forma é em geral boa condutora eléctrica. Forma por isso um escudo que dificulta a penetração das microondas: o peixe irá cozinhar mais lentamente. É como se colocássemos um alimento embrulhado em papel de alumínio como na receita da batata; o sal funciona como uma gaiola electricamente isolante (gaiola de Faraday).

Por isso cuidado! Nunca ligue, nunca o microondas vazio - sem existir no seu interior água.

Não necessariamente um copo com água. Basta a água que se encontra presente nos alimentos. As microondas são geradas num magnetron. Essas ondas electromagnéticas seguem por um guia de ondas até ao interior do forno. Caso não exista qualquer alimento no seu interior que dissipe essa energia, pode aumentar até um nível que faça com que as ondas electromagnéticas sejam reflectidas de volta para o magnetron podendo avariá-lo.

As microondas podem sair pela janela da porta?

Nós vemos o prato dentro do microondas porque a luz (radiação electromagnética) atravessa a janela. Será que há perigo das microondas também poderem sair por essa mesma janela? A resposta é negativa. Se olharmos mais atentamente para a janela do microondas notamos que ela se encontra completamente coberta por uma rede metálica repleta de pequenos buracos. As ondas electromagnéticas penetram pouco dentro dos condutores eléctricos. E se os condutores forem constituídos por uma malha de orifícios só a radiação com comprimentos de onda muito inferiores às dimensões dos orifícios é que conseguem penetrar. É esta a diferença! As microondas têm comprimentos de onda da ordem do centímetro e por isso não atravessam a rede metálica que cobre toda a janela; pelo contrário, a luz com comprimentos de onda cerca de dez a cem mil vezes mais pequenos, passa sem dificuldade pela dita rede e por isso vemos os alimentos a aquecer.

E será sempre assim?

- Experimenta colocar no interior do teu microondas um telemóvel (não ligue o microondas!), efectua uma chamada de outro telefone, para o telemóvel que se encontra dentro do forno microondas (com a porta fechada).

- O que sucedeu? Conseguiste ouvi-lo tocar? Analisa e discute o sucedido.

Adaptado de Ciência Viva (2002). *Aventuras da água no Microondas*; e de OMS (2005b). Campos electromagnéticos & salud pública: *Hornos microondas*.

Actividade Laboratorial (9)

CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Introdução

Desde os anos 20 do século XX, que a questão da electricidade e do comportamento celular é estudado de uma forma aprofundada. Várias questões se têm colocado desde então:

- *As linhas de alta tensão produzem radiação electromagnética?*
- *Tal como os campos electromagnéticos afectam o fluxo de electrões num interior de um cabo eléctrico, poderiam também interferir no desenvolvimento das células?*
- *O “risco de cancro” é elevado para quem residir junto de linhas de alta tensão?*

A investigação desenvolvida desde então, promoveu por vezes a ideia de que os campos eléctricos e magnéticos ambientais poderiam exercer um efeito positivo ou negativo sobre a saúde. Por exemplo, são frequentes os receios sobre a relação entre a proximidade de cabos eléctricos ou antenas de rádio e o cancro. No campo oposto, verificam-se também numerosas manifestações de fé no poder curativo dos ímanes. Não existe, todavia, qualquer fundamento científico para confirmar de forma indiscutível qualquer das duas teorias.

Pequenos campos eléctricos surgem em consequência do fluxo de partículas com carga eléctrica (corrente eléctrica), que existem em todas as espécies animais. Um fluido que contem partículas com carga, iões, envolve as células nervosas, os neurónios - o neurónio é uma célula, que funciona como a unidade base do sistema nervoso, a rede de comunicação interna do ser humano – o interior e o exterior da célula agem como os pólos negativo e positivo de uma pilha, ou seja, a membrana celular é constantemente polarizada e despolarizada no decorrer dos mecanismos inerentes à transmissão dos estímulos externos ao cérebro, designados por impulsos nervosos.

Embora, os *pequenos campos eléctricos internos*, participem activamente no nosso desenvolvimento, a verdade é que os campos externos revelam muito pouca capacidade de penetrar na pele, de forma que é muito difícil produzirem uma interacção directa com o organismo. É diferente o que se verifica com a *componente magnética* desses campos, a qual é difícil de conter e penetra facilmente no corpo humano e nos edifícios (Figura AL9.1).

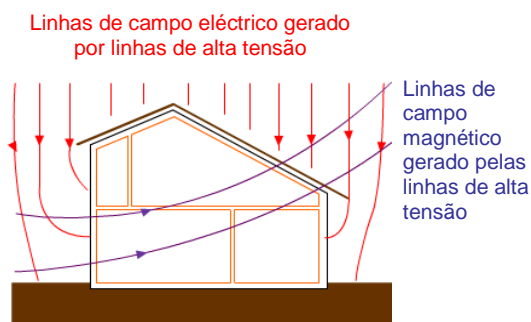


Figura AL9.1 – Os campos magnéticos atravessam a maioria dos materiais.

Adaptado de Health Protection Agency (2006). *Understanding Radiation*.

Os campos magnéticos não são atenuados pela interposição de árvores ou edifícios, eles passam através de todos os materiais de construção. São necessárias espessas placas de metal ou ligas especiais (à base ferro ou níquel, por exemplo) para envolver completamente a fonte de modo a obter-se protecção.

Diariamente usamos os campos, eléctrico e magnético, para enviar por exemplo sinais de rádio e de televisão. De forma semelhante usamos também o som para a transmissão de informação. Como forma de comunicação o som é bastante útil. No entanto, o som na forma de ruído, muitas vezes indissociável à transmissão de informação, é perturbador. As perturbações causadas pelos campos eléctrico e magnético também podem ser reduzidas se tivermos em linha de conta a qualidade do equipamento eléctrico.

A “poluição” provocada pela radiação ocorre em todo o lado onde exista uma diferença de potencial e onde existam correntes eléctricas: em casa, na indústria, no comércio, entre outros. Qualquer transmissor (aparelho electrodoméstico) origina um campo electromagnético e emite radiações electromagnéticas. Os nossos sentidos não registam estes campos mas somos igualmente afectados por eles. O termo técnico para “poluição” provocada pela radiação, que afecta o ambiente e os seres humanos, é a de **Campos Electromagnéticos**.

Material

- uma bobine com um número de espiras elevado (400 a 500 no mínimo);
- um multímetro digital;
- 2 cabos para efectuar as ligações.
- fontes de radiação electromagnética: monitores de televisão e de computador, fornos microondas, telemóveis e outros aparelhos eléctricos (electrodomésticos) em funcionamento.

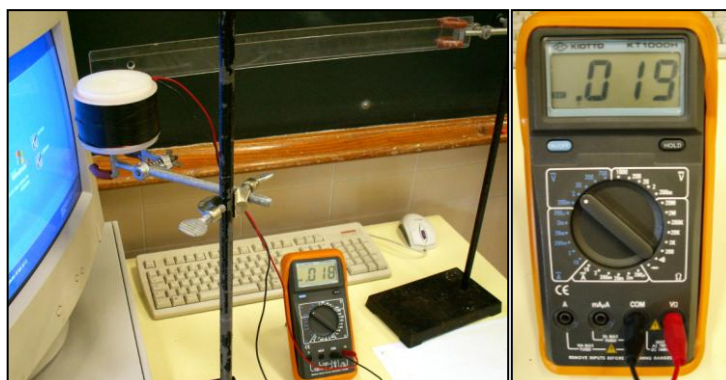
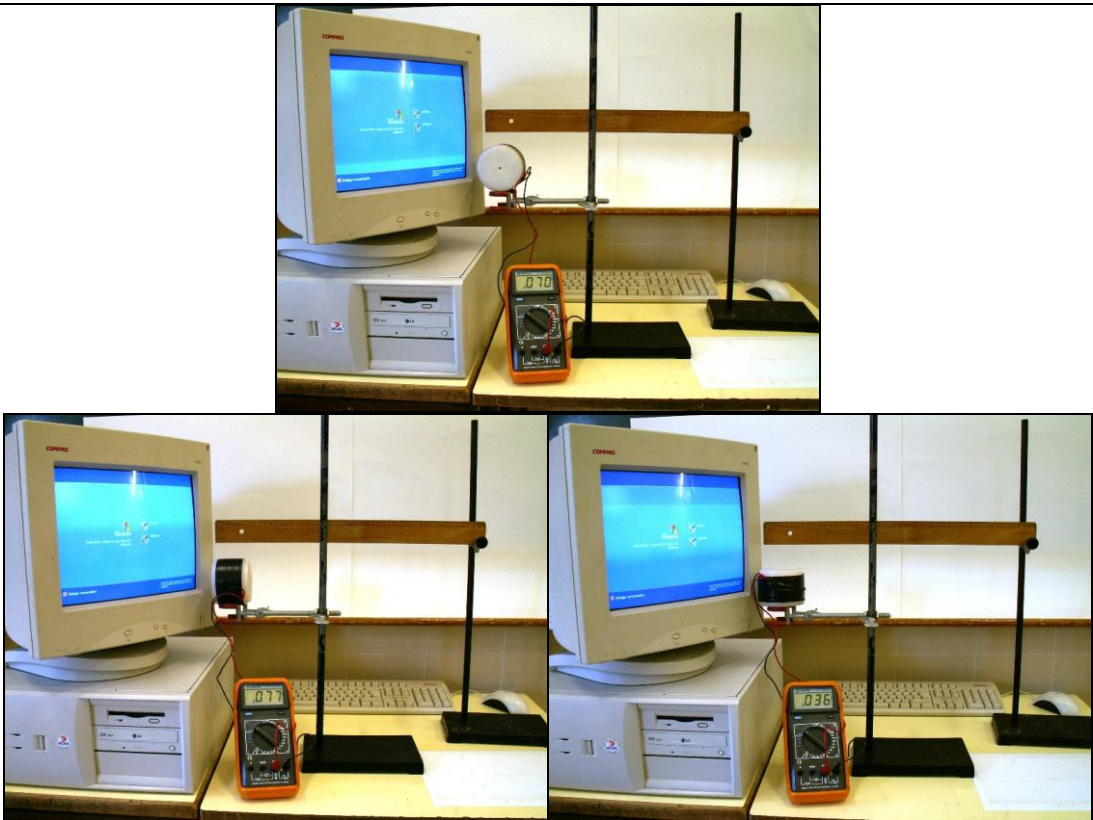


Figura AL9.2 – Pormenor da montagem experimental.

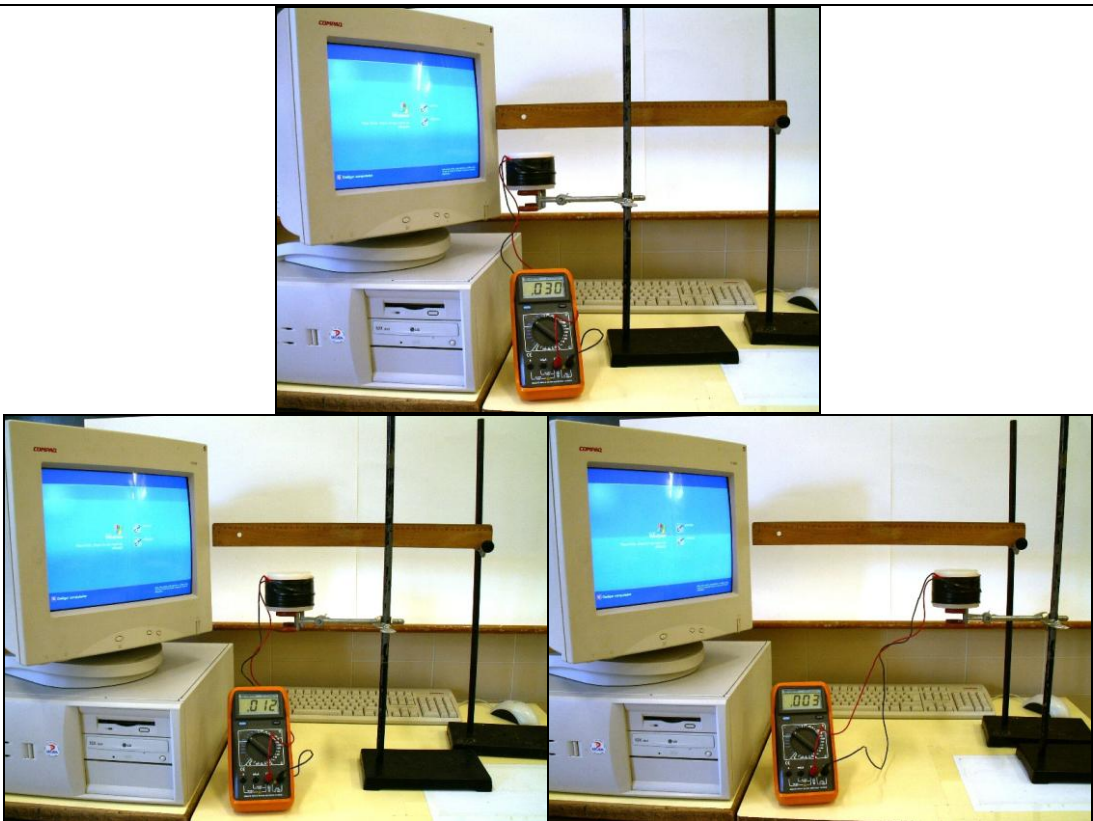
Procedimentos

1. Efectua uma montagem como a ilustrada pela figura anterior;
2. Aproxima a bobine dos aparelhos eléctricos (quando em funcionamento) e observa os valores indicados no visor do multímetro;
3. Regista os valores lidos no multímetro para:
 - **Situação I**
 - **Situação II**
4. Analisa os dados recolhidos.
5. Formula uma hipótese que explique *o porquê* da obtenção dos valores obtidos;
6. Apresenta uma explicação para o sucedido, com base nos conceitos adquiridos nas aulas.

Situação I – Variação do campo magnético com a direcção (ver disposição da bobine).



Situação II – Variação do campo magnético com a distância (da bobine à fonte do campo).



Actividade Laboratorial (10)

COMUNICAÇÕES POR RADIAÇÃO MICROONDAS

Introdução

Com esta actividade pretende-se a observação e análise de alguns fenómenos ondulatórios.

Com a sua realização poderás também compreender melhor a utilização da radiação microondas, por exemplo, nas comunicações por telemóvel e por satélite, e ainda o porquê da existência de torres altas com um conjunto de antenas parabólicas para emissão e recepção dessas ondas (estações base (re)transmissoras).

Pensar antes de trabalhar...

- Que fenómenos físicos conheces comuns aos vários tipos de ondas?
- Um emissor de microondas emite ondas cujo comprimento de onda é de aproximadamente 2,8cm. Qual será a correspondente frequência e como se determina o seu valor?
- Quais as condições para que haja reflexão total na superfície de separação de dois meios transparentes?

Procedimentos

Para estudar os vários fenómenos ondulatórios, utiliza um *kít* de microondas com os respectivos acessórios (Figura AL10.1). Neste *kít* existe um emissor e um receptor de microondas assentes em suportes verticais que se adaptam a uma régua com goniómetro (medidor de ângulos). Os suportes verticais minimizam as reflexões das ondas na mesa de trabalho que, devido a este fenómeno, deve estar livre. O receptor tem uma escala graduada, com possibilidade de amplificação (30x, 10x, 3x e 1x), o que permite a recepção de sinais de intensidade variável.

Atenção: Nunca se deve olhar directamente para o emissor de microondas!

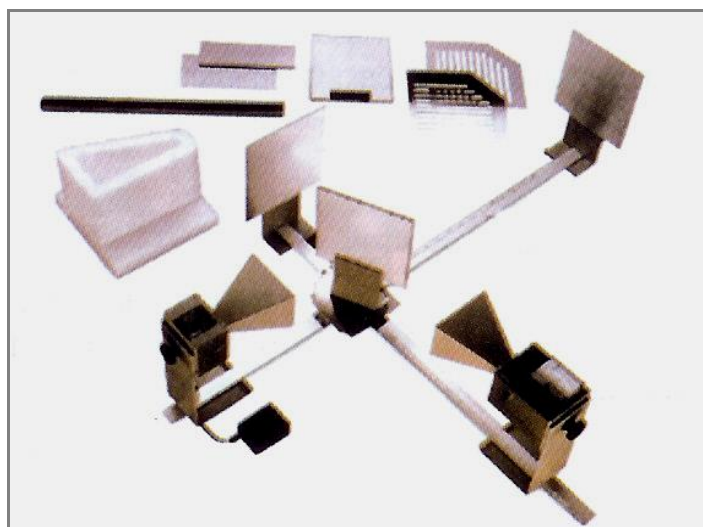


Figura AL10.1 – *Kít* para o trabalho laboratorial com microondas.

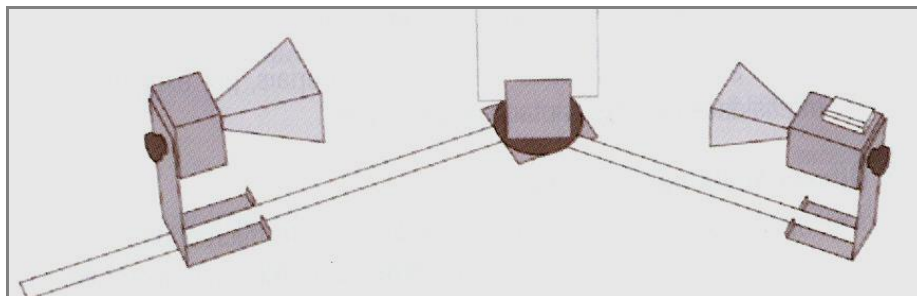


Figura AL10.2 – Esquema da montagem para o estudo da reflexão.

1. Reflexão de microondas

- Coloca o emissor e o receptor de microondas e uma placa metálica onde incida a radiação como mostra a Figura AL10.2. Amplifica a escala do receptor. Move o braço móvel da régua até que o receptor acuse o máximo de intensidade. O goniómetro permite medir os ângulos de incidência e reflexão. Verifica as leis da reflexão para um ângulo de incidência de 45° . Repete para outros ângulos de incidência.
- Se o receptor teve de ser deslocado até se obter o máximo de intensidade, podemos concluir que o feixe emitido é plano?
- Se variar o ângulo de incidência, a onda captada no receptor tem a mesma intensidade?
- Investiga se anteparos de outros materiais (vidro, acrílico, madeira, cerâmica, tecido, papel, etc.) são melhores ou piores reflectores que o metal e se a reflexão depende do ângulo de incidência do feixe.

2. Refracção de microondas

Para verificar as leis da refração utiliza a montagem da Figura AL10.3. Roda a forma prismática, vazia, e investiga o seu poder de transmissão das microondas.

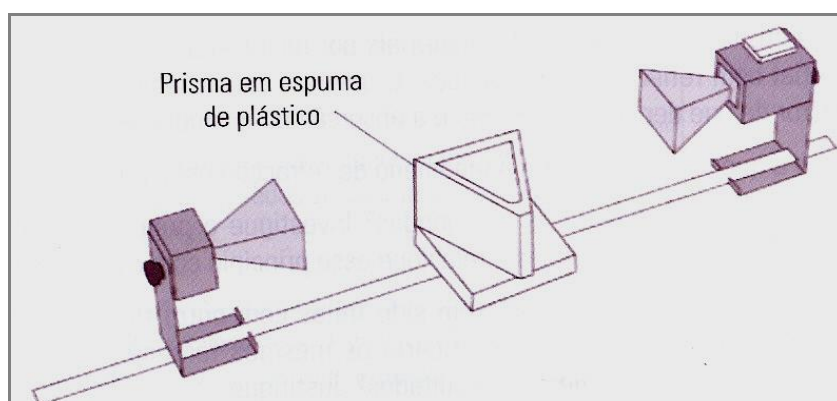


Figura AL10.3 – Esquema de montagem para o estudo da refração.

Enche a forma com pepitas de poliestireno. Coloca a forma de tal modo que o feixe do emissor incida perpendicularmente na primeira superfície. Roda o braço móvel da régua e localiza o ângulo para o qual se detecta um feixe com intensidade máxima.

- Identifica a(s) refração(ões) existente(s).
- A Figura AL10.4 indica vários ângulos sendo θ o ângulo medido no goniómetro. Regista esse valor e identifica o ângulo de incidência e de refração indicados na figura.

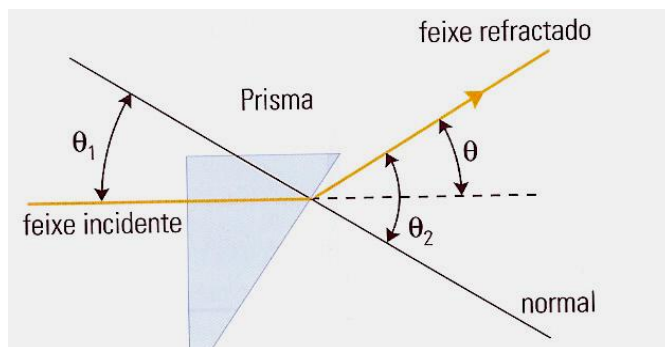


Figura AL10.4 – Trajecto do raio de microondas.

- Verifica que θ_1 é um ângulo do prisma e mede-o. Regista as medidas necessárias para determinar o ângulo de refacção.

Enche a forma prismática com outros materiais, por exemplo, água. Compara a intensidade do feixe captado pelo receptor.

3. Difracção de microondas

Atendendo ao comprimento de onda do feixe de microondas utilizado, selecciona anteparos convenientes de modo de investigar efeitos de difracção. Que conclusões?

4. Reflexão total de microondas

- Alinha o emissor e o receptor de microondas. Verifica qual é o valor indicado no receptor. Enche o tubo plástico (existente nos acessórios) com pepitas de poliestireno e coloque uma extremidade ligada ao emissor e a outra ao receptor. Observa a intensidade detectada pelo receptor e compara-a com o valor anterior. Interpreta o fenómeno.
- Remove o tubo e coloca o emissor e o receptor de tal modo que este último não detecte as microondas. Volta a ligá-los pelo tubo e vê o que acontece no receptor.

Reflecte, discute e procura responder

1. O poder de reflexão e absorção dos materiais por microondas é o mesmo? Indica um material bom reflector de microondas. O material constituinte de um corpo é o único factor de que depende a reflexão e a absorção de microondas?
2. Determina o quociente n_1/n_2 para o fenómeno de refacção estudado.
3. A água absorverá facilmente as microondas? Investiga o princípio de funcionamento de um forno de microondas e relaciona esse princípio com o que observaste.
4. Se as experiências anteriores tivessem sido feitas com outro tipo de ondas, por exemplo ultrasons ou luz laser, verificaria os mesmos fenómenos ópticos que observou? E encontrarias os mesmos resultados? Justifica.
5. Com base nas observações que efectuaste, procura responder às seguintes questões:
 - ⇒ Por que é que existem várias antenas, e um limite para a distância entre elas, de modo a haver propagação de microondas nas comunicações?
 - ⇒ Por que é que as antenas parabólicas têm superfícies metálicas de certa dimensão?
 - ⇒ Por que é que essas antenas têm de estar no alto de edifícios, a alturas apreciáveis do solo?

3.4.2 Actividades Práticas Virtuais

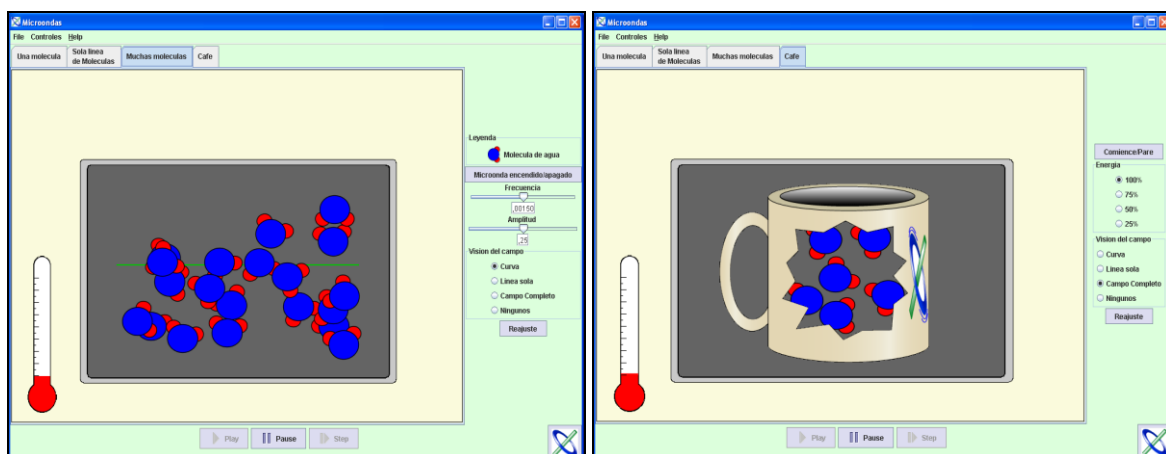
Actividade Prática Virtual (1)

SIMULADORES DE MICROONDAS

Introdução

Esta proposta de trabalho tem como objectivo o estudo interactivo da radiação microondas e dos seus efeitos sobre as moléculas de água. A propósito, é interessante lembrar que a percentagem de água num ser humano adulto é em média 65%, cerca de 2/3 do seu peso!

Através deste simulador é possível visualizar a rotação das moléculas sujeitas à radiação microondas e fazer variar propriedades como a amplitude e a frequência da radiação microondas incidente. O utilizador pode escolher entre visualizar uma molécula apenas, uma linha de moléculas ou muitas em simultâneo. Pode ainda visualizar os efeitos sobre as (hipotéticas) moléculas do café contido numa chávena.



Figuras APV1.1 – Ilustrações das simulações: *moléculas sujeitas a radiações microondas*.

Fonte: PhET Physics Education Technology (2006).

Como proceder

Aceder a um computador com Internet e com o programa Java previamente instalado.

Estabelecer a ligação com o seguinte endereço electrónico:

- http://www.colorado.edu/physics/phet/simulations-base_es.html

Escolher a opção *Luz y Radiación*, optar pelo simulador Microondas.

Explora o programa

- Observa a rotação de uma e de várias moléculas da água;
- Analisa os factores que podem influenciar a maior ou menor rotação destas moléculas (frequência e/ou amplitude da radiação incidente). O que sucede à temperatura?
- Regista todas as observações e conclusões a que chegaste.

Não esqueças: no final, os resultados obtidos por todos os alunos, serão discutidos na aula.

Actividade Prática Virtual (2)

SIMULADORES DE ONDAS

Introdução

Esta proposta de trabalho está dividida em duas partes, a *primeira parte* tem como objectivo o estudo interactivo de ondas mecânicas, concretamente, de propriedades características das ondas, como: a amplitude, a frequência, o período e o comprimento de onda; a *segunda parte* pretende ajudar a compreensão de alguns fenómenos ondulatórios como a reflexão, a refração e a difracção.

É possível através destes simuladores visualizar as ondas e fazer variar as referidas propriedades no tempo, consoante a exploração que se pretenda fazer.

No segundo simulador da primeira parte é possível também analisar os fenómenos da reflexão e interferência de ondas.

Parte I

Como proceder

Aceder a um computador com Internet e com o programa Java previamente instalado.
Estabelecer a ligação com o seguinte endereço electrónico:

- http://www.colorado.edu/physics/phet/simulations-base_es.html

Terás acesso à página ilustrada na figura seguinte.

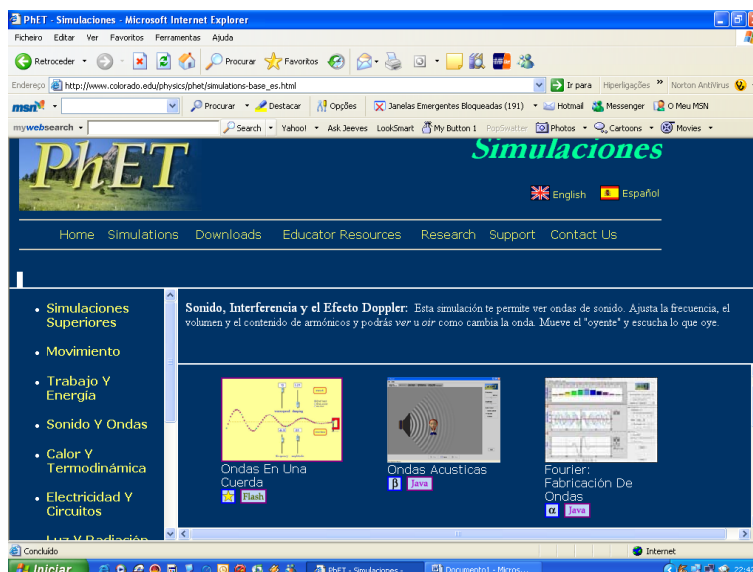


Figura APV2.1 – Página inicial das simulações de som e ondas.

Fonte: PhET Physics Education Technology (2006).

1. Entra no simulador designado por “Ondas En una Cuerda”, *clikando* sobre a Figura APV2.2 ou, podes aceder directamente a este simulador através do endereço: <http://www.colorado.edu/physics/phet/simulations/stringwave/stringWave.swf>

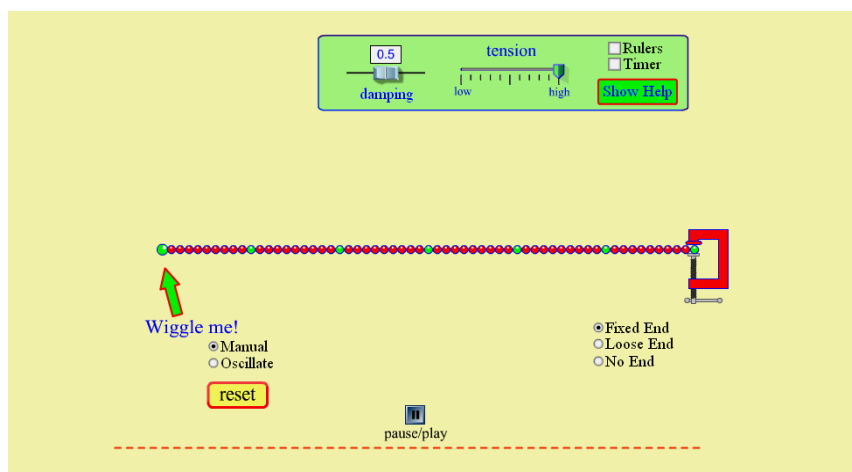


Figura APV2.2 – Aspecto gráfico do simulador *Ondas numa corda*.

Explora o simulador fazendo oscilar o pequeno círculo verde (inicial) da corda, manualmente (*Manual*) ou pelo programa (*Oscillate*). Podes acrescentar uma régua (*Ruler*) e um cronómetro (*Timer*), podes fazer variar a tensão (*tension*) na corda (move o cursor para *high* – alta ou *low* – baixa, em *tension*). O final da corda pode encontrar-se preso (*Fixed end*), solto (*Loose end*) ou sem ser visto (*No end*).

Se colocares no modo (*Oscillate*) podes ainda escolher os valores da amplitude e da frequência da onda.

Experimenta as várias hipóteses e analisa os resultados.

Regista pormenorizadamente as tuas observações.

Nota: No final, os resultados obtidos por todos os alunos, serão discutidos na aula.

2. Acede à página, *clikando* sobre a imagem ilustrada na figura APV2.3.

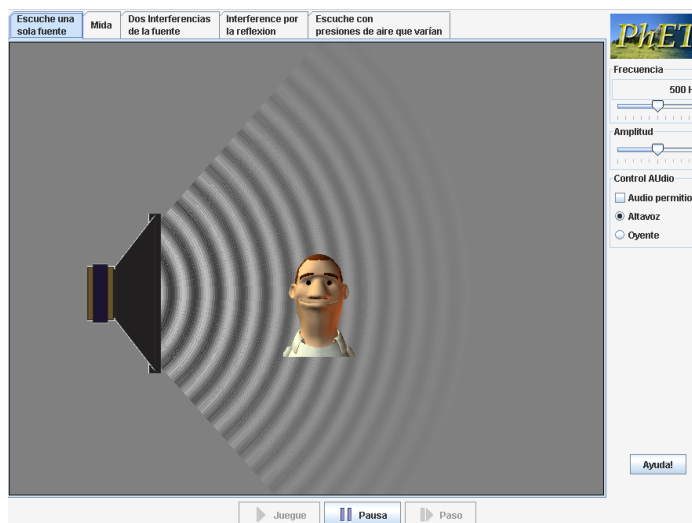
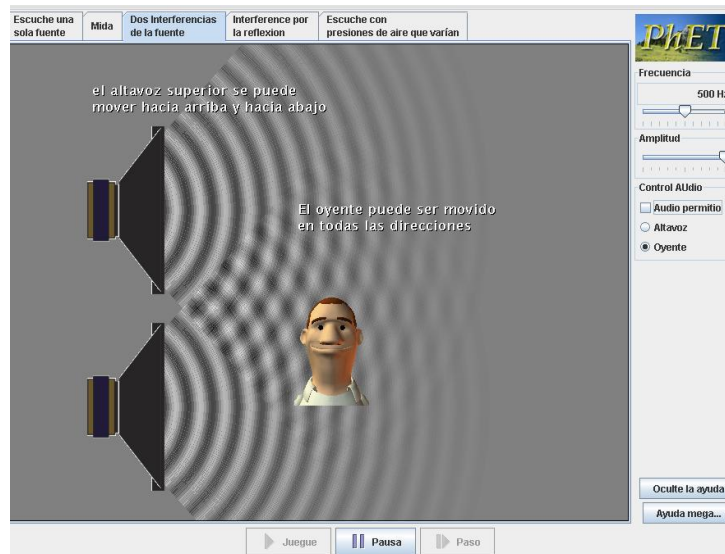


Figura APV2.3 – Aspecto do simulador *Ondas Acústicas*.

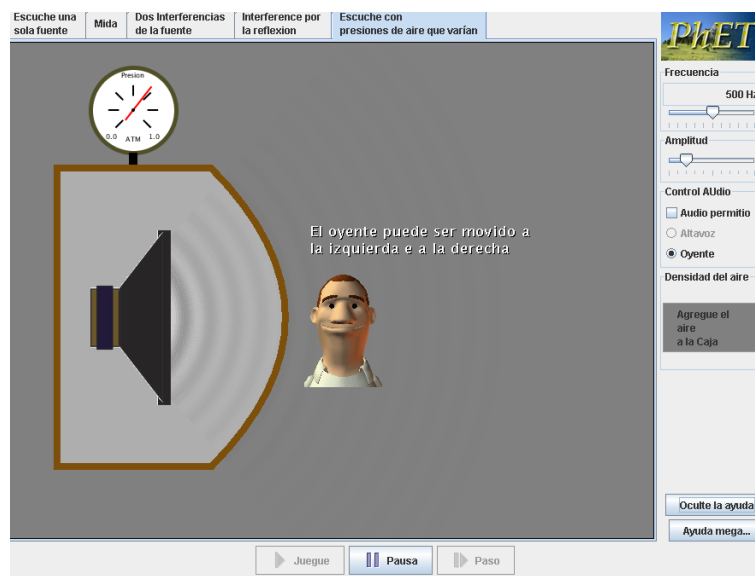
Podes escolher uma ou duas fontes de som (exemplo ilustrado na imagem seguinte).



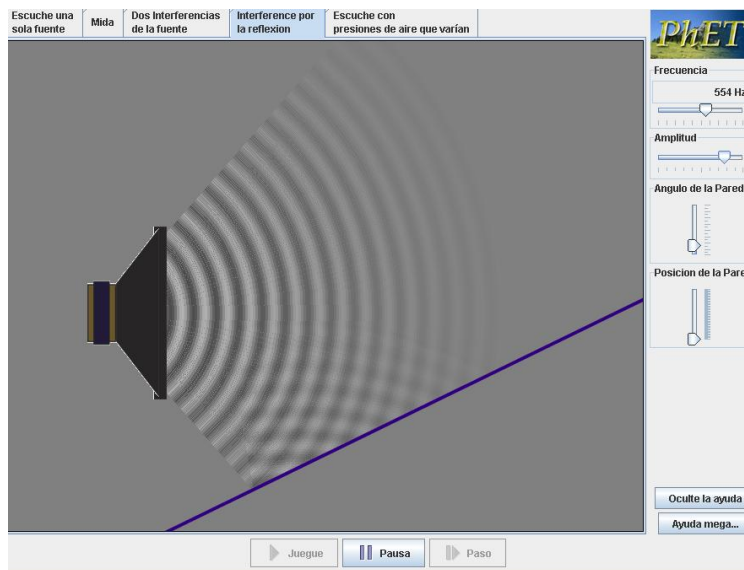
Podes ouvir os sons escolhendo a opção *Altavoz*. Podes analisar as características das ondas sonoras fazendo variar a amplitude e a frequência respectivas.

- ⇒ Faz variar alternadamente e simultaneamente a frequência e a amplitude e observa.
- ⇒ Podes retirar o ar que rodeia a fonte sonora (figura em baixo) e observar o resultado.
- ⇒ Regista todas as observações.

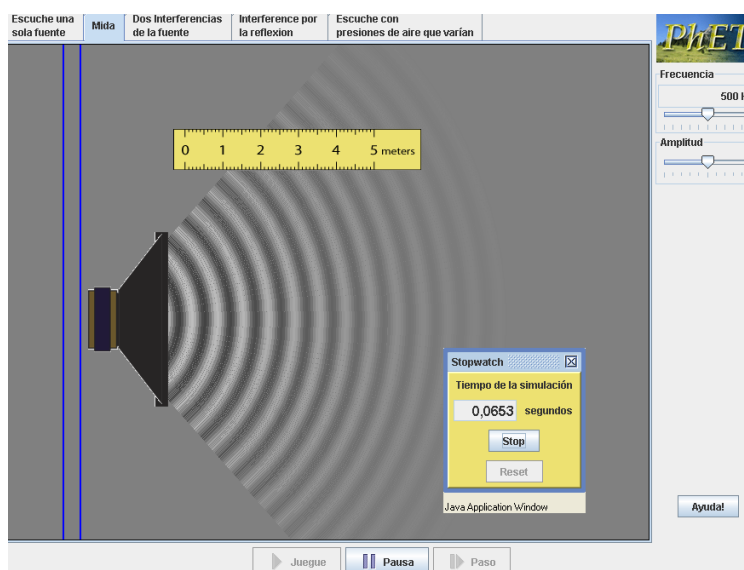
Não esqueças, escolhe a opção Alta voz e analisa o sucedido!



Analisa a reflexão e a interferência das ondas fazendo variar a distância da parede (linha) à fonte sonora e o respectivo ângulo (como ilustra a imagem seguinte).



Podes ainda medir a distância entre dois pontos consecutivos na mesma fase de vibração, isto é, o comprimento de onda (ver figura seguinte).



Não esqueças: analisa cuidadosamente todos os aspectos do programa e regista as tuas observações. No final, os resultados obtidos por todos os alunos, serão discutidos na aula.

Parte II

Como proceder

- ⇒ Aceder a um computador com Internet e com o programa Java previamente instalado.
 - ⇒ Estabelecer a ligação com o seguinte endereço electrónico: <http://www.falstad.com/ripple/>
- Esta simulação é em inglês e designa-se por *Tanque de ondas*, Figura APV2.4. Permite simular os fenómenos da difracção, da reflexão, da refracção e da interferência de ondas. É possível escolher a visualização a duas ou a três dimensões.

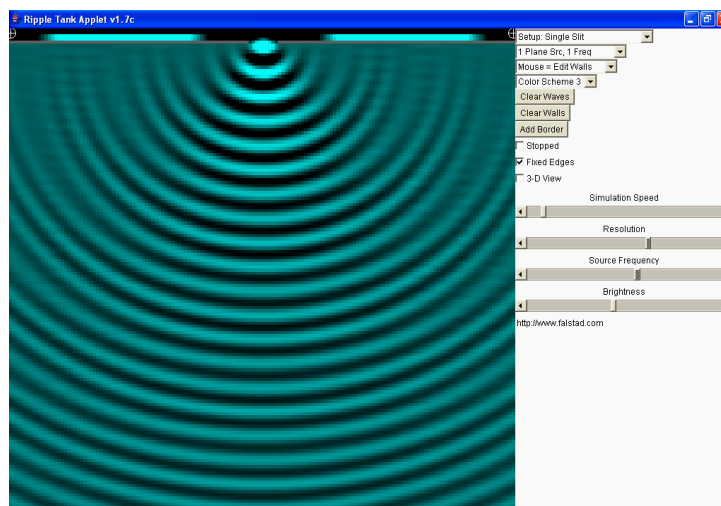


Figura APV2.4 – Uma das imagens possíveis da tina de ondas (Difracção com uma fenda).
Fonte: Falstad P. (2005).

- ⇒ Na primeira janela: podes escolher uma, duas ou mais fontes de perturbação; o tipo de fenómeno ondulatório que pretendes observar (Interferência – com um ou mais obstáculos; Difracção – com uma fenda ou mais; Refracção, etc. Existem muitos outros fenómenos ondulatórios que poderás explorar)
- ⇒ Na segunda janela poderás escolher o tipo de fonte de perturbação e o número.
- ⇒ Na terceira janela: podes com o rato do computador, criar ondas ou obstáculos às ondas que se encontram na tina de ondas e observar o efeito produzido;
- ⇒ Na quarta janela: podes escolher o esquema de cores que pretendes usar.

Depois encontras botões para limpar ondas, limpar paredes e adicionar fronteiras (ou seja definir os limites do tanque ondas).

Podes ainda modificar a velocidade de propagação, a resolução da imagem, a frequências das ondas e o brilho da imagem. São opções que podes explorar à vontade mas sem esquecer a finalidade do teu trabalho: *observar e compreender fenómenos ondulatórios como, a refracção, a reflexão, a difracção e a interferência de ondas.*

Mais uma vez, não esqueças! Analisa cuidadosamente todos os aspectos do programa e regista as tuas observações. No final, os resultados obtidos por todos os alunos, serão discutidos na aula.

Para saber mais...

- ✧ <http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/Optics/Refraction/Refraction.html> – *sítio* elaborado por Harrison (2004), permite simular a refracção e a reflexão da luz (em inglês).
- ✧ <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/viewtopic.php?t=272&sid=7aadb966b25ad5efbba90f3c4921d707> – permite simular o fenómeno da refracção (em inglês), de Fu-Kwun Hwang (2005).
- ✧ <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/viewtopic.php?t=317&sid=7aadb966b25ad5efbba90f3c4921d707> – permite simular a refracção da luz (em inglês), de Fu-Kwun Hwang (2005).
- ✧ <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/viewtopic.php?t=302&sid=7aadb966b25ad5efbba90f3c4921d707> – permite simular a refracção e a reflexão da luz (em inglês), de Fu-Kwun Hwang (2005)

Actividade Prática Virtual (3)

O LABORATÓRIO DE FARADAY

Introdução

A electricidade (corrente eléctrica) é essencial para o nosso dia-a-dia. A maior parte a corrente eléctrica que usamos é gerada usando imanes. É um dos objectivos desta actividade, compreender como um imane pode gerar corrente eléctrica.

Podes através deste sítio interactivo simular e visualizar fenómenos magnéticos e eléctricos, bem como estudar as suas propriedades e os factores que as influenciam. Podes analisar propriedades dos campos magnético e eléctrico, concretamente, a intensidade dos campos, que pode ser visualizada através das linhas de campo e de dispositivos de medição existentes; a variação do valor e da direcção dos campos e, no caso do campo magnético, é possível ainda visualizar o fenómeno da indução magnética por oscilação de um imane através de espiras, a simulação de um gerador de corrente, etc.

Como proceder

Acede a um computador com Internet e com o programa Java previamente instalado.

Estabelece a ligação com o endereço electrónico seguinte:

- http://www.colorado.edu/physics/phet/web-pages/simulations-base_es.html (PhET Physics Education Technology (2006))

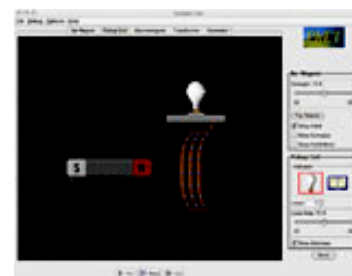
CAMPO MAGNÉTICO

Entra no simulador *Cargas e Campos*, clicando com o botão esquerdo do *rato* 2 vezes sobre o ícone ilustrado ao lado:

Terás acesso às páginas ilustradas nas figuras seguintes.

⇒ Explora o programa consultando as várias simulações.

Exemplo: move o imane para um lado e para o outro (através da bobine) devagar e depressa. Altera a direcção dos pólos e repete os procedimentos anteriores.



**El Laboratorio
Electromagnético de Faraday**

Analisa e regista todas as observações que efectuares.

- O que acontece à intensidade do campo magnético e à lâmpada?
- Que condições devem existir para que seja gerada uma corrente eléctrica?
- Que relação podes estabelecer entre a velocidade com que moves o imane e a corrente eléctrica gerada?

- O que sucede quando alteras a polaridade do imane? Que relação podes estabelecer entre a polaridade do imane e o sentido da corrente eléctrica gerada?

Deixa o imane em repouso num qualquer local do ecrã e altera o valor do campo magnético na janela (respectiva) do lado direito do ecrã. Altera esse valor depressa e devagar:

- Que relação podes estabelecer entre o valor do campo magnético existente na região e a corrente que se estabelece no circuito?

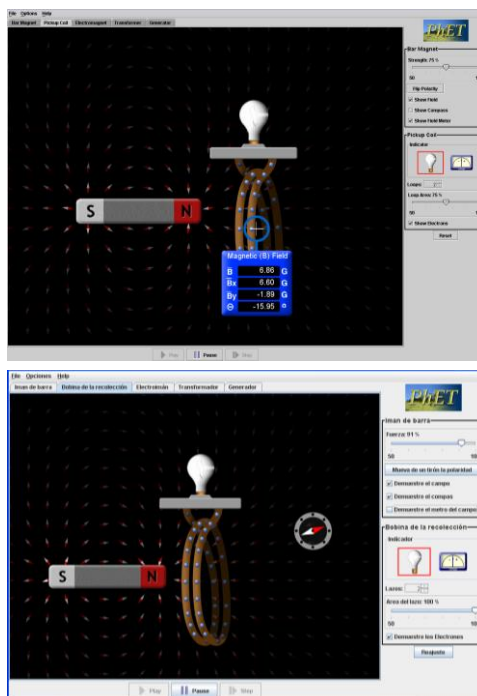
Altera o número de espiras da bobina e a área da secção das espiras.

- Que podes estabelecer entre o número de espiras existente na bobine e a corrente eléctrica que é gerada? E quando varias a área da secção o que concluis?

Estabelece conclusões

- Com base nos testes efectuados anteriormente, que regra/ lei podes estabelecer que relacione a variação do campo magnético com a corrente eléctrica que é gerada?
- Como varia o campo magnético na região do espaço envolvente (em direcção e em grandeza)? (lembra-te que podes usar o medidor de campo, fig. ao lado)
- Com que factores varia o fenómeno da indução (em cada uma das situações apresentadas);

Atenção: no final, os resultados obtidos por todos os alunos, serão discutidos na aula.



Figuras APV3.1 e .2 – Simulação da indução magnética com um imane e uma bobina (número de espiras da bobina é variável).

Desafio

Supõe que te era pedido que construísse um gerador, capaz de gerar corrente eléctrica que produzisse o maior valor de corrente possível. Faz uma lista dos diferentes componentes que deverias usar para o construir.

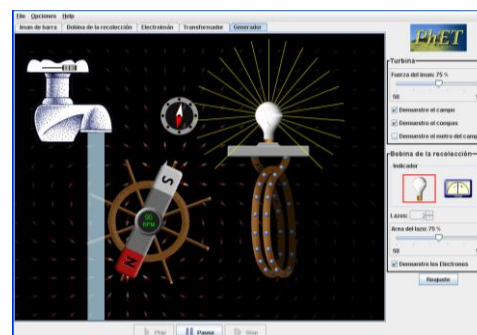


Figura APV3.3 – Exemplo de simulação de um gerador.

CAMPO ELÉCTRICO

Entra no simulador *Cargas e Campos*, clicando com o botão esquerdo do *rato* 2 vezes sobre o ícone ilustrado ao lado:

Terás acesso às páginas ilustradas nas figuras seguintes.

- ⇒ Explora o programa consultando as várias opções.
- Uma carga positiva, duas três... (linhas de equipotenciais, variação do campo, valor de **E**, etc.)
- Carga positiva e negativa (linhas de equipotenciais, variação do campo, valor de **E**, etc.)
- Activa a opção que permite medir as distâncias e calcula o valor do campo através da Lei de Coulomb (confirma os valores indicados pelo programa).

Nota: As cargas são todas de um nano Coulomb (1nC).

Analisa e regista as observações que efectuares relativamente a cada uma das situações ilustradas, por exemplo: como varia o campo eléctrico na região do espaço envolvente (em direcção e em grandeza);

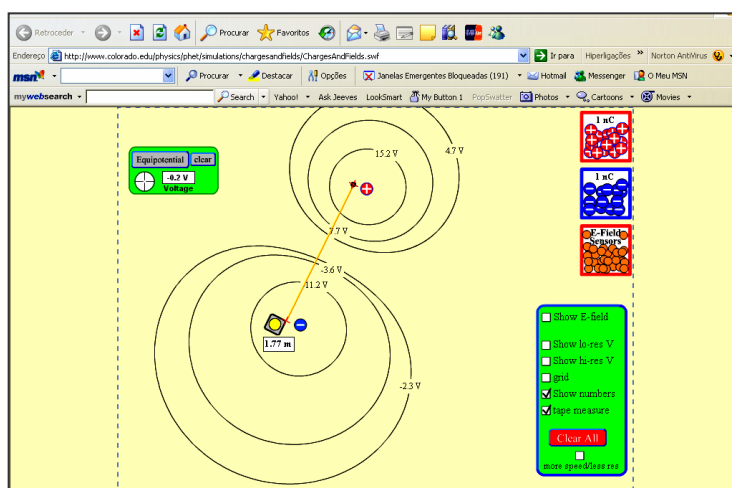


Figura APV3.4 – Imagem das linhas equipotenciais do campo eléctrico (carga positiva e negativa).

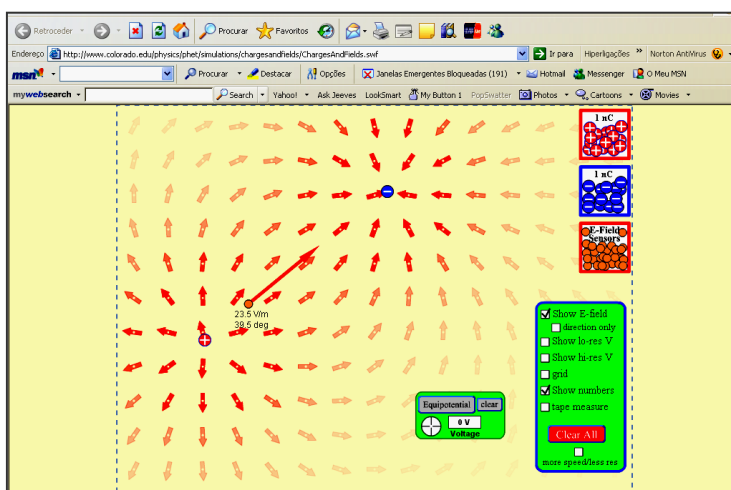


Figura APV3.5 – Sentido e direcção e grandeza (em cada ponto) do campo eléctrico.

Actividade Prática Virtual (4)

SIMULADOR DE UM OSCILOSCÓPIO

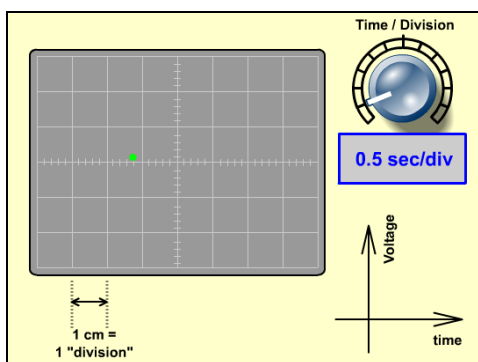
Introdução

Esta actividade, bastante simples, pretende ser um complemento da Actividade Laboratorial (1). Tem objectivo ajudar a conhecer o funcionamento básico de um instrumento como o osciloscópio. Pode ser executada na aula ou fora do espaço sala de aula.

Procedimento

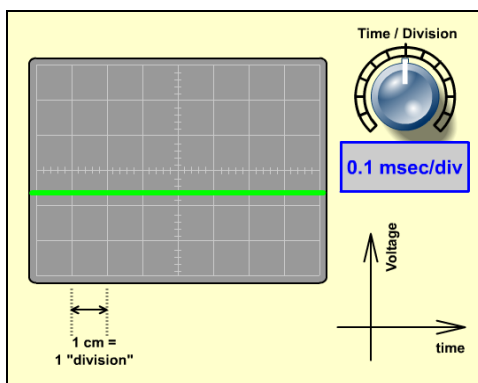
Consulta os seguintes simuladores. Analisa e regista o que observares. Tiras as tuas conclusões.

- <http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo1.html>



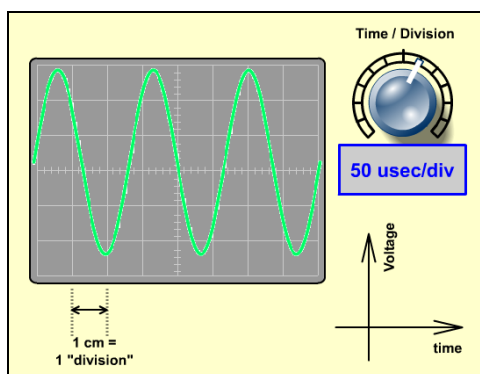
Mostra o efeito de mudar o controle da base - tempo quando não há tensão (d.d.p.) de entrada (basta observar, o controle muda *sozinho* ao fim de alguns segundos)

- <http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo2.html>



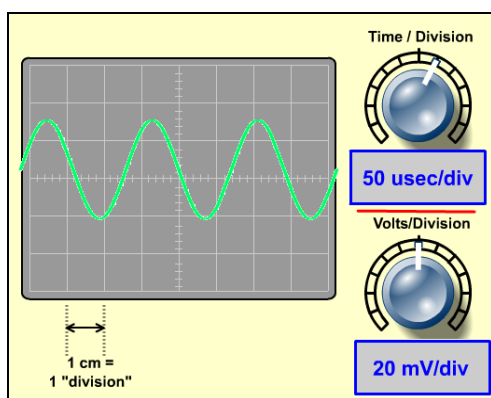
Mostra o efeito de mudar o controle da base - tempo quando há uma tensão (d.d.p.) de entrada variável no tempo.

- <http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo3.html>



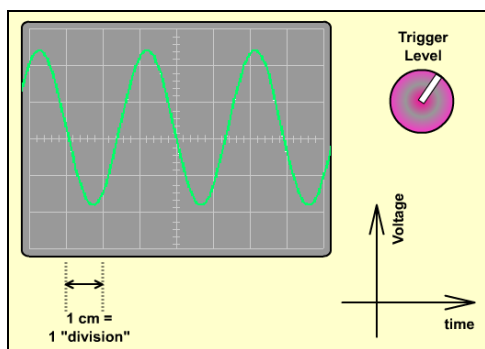
Mostra o efeito de mudar o controle da base - tempo quando há uma tensão (d.d.p.) de entrada variável no tempo e a frequência do sinal é elevada.

- <http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo4.html>



Mostra o efeito de mudar o controle da tensão (d.d.p.) de entrada.

- <http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Oscilloscope/Flash/demo6.html>



Mostra o efeito de mudar o valor do Trigger (disparador).

Se quiseres usar o teu computador como um osciloscópio, visita um (ou mais) dos seguintes endereços electrónicos

- <http://www.phy.ntnu.edu.tw/~hwang/oscilloscope/oscilloscope.html> (inglês)
Um "osciloscópio" em Java, com o qual se pode *brincar* na Web. Não se liga à placa de som, mas pode usar-se para aprender os princípios básicos de funcionamento destes instrumentos.
- <http://polly.phys.msu.su/~zeld/oscill.html> (inglês)
Oscilloscope for Windows (para download) - com versões para Windows 95 e Windows 3.x
- <http://www.bitscope.com/> (inglês)
BitScope – dispositivo para ligar à interface série do computador. Apresenta potencialidades de um osciloscópio real. A *página* contém informações até para quem quiser construir um!

3.4.3 Trabalhos de Pesquisa

Trabalho de Pesquisa (1)

AS ONDAS HERTZIANAS

Introdução

Independentemente de onde esteja o homem moderno pode ver, e ouvir qualquer acontecimento que ocorra no mundo desde que existam os aparelhos necessários para isso. Transmissões e recepções de informação variada podem ser feitas simultaneamente. O oriente e o ocidente unem-se através do ar; o norte e o sul conversam como se estivessem lado a lado. A anulação das distâncias, a possibilidade de contacto (quase) imediato entre dois pontos quaisquer da Terra deve-se às ondas electromagnéticas. Tais ondas foram previstas pelo físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879), e sua existência foi comprovada experimentalmente pelo físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894).



HEINRICH RUDOLF HERTZ
1857 - 1894

Experiência de Hertz

Na experiência que realizou, o emissor era constituído por uma bobine de indução ligada a duas esferas metálicas próximas e era alimentado por uma pilha eléctrica. A poucos metros de distância colocou o receptor, constituído por uma espira de fio metálico em cujas extremidades estavam duas esferas metálicas muito próximas.

Quando o emissor produzia uma d.d.p. elevada entre as duas esferas (ao ligar e desligar o interruptor pertencente ao circuito de entrada, origina-se uma d.d.p. elevada nos terminais do circuito secundário) o ar envolvente era ionizado e saltava uma faísca. Este processo repetia-se periodicamente, de tal modo que a frequência das ondas deveria ser igual à frequência das faíscas. Hertz conseguiu controlar a frequência das faíscas modificando a forma, o tamanho dos eléctrodos e a distância entre eles.

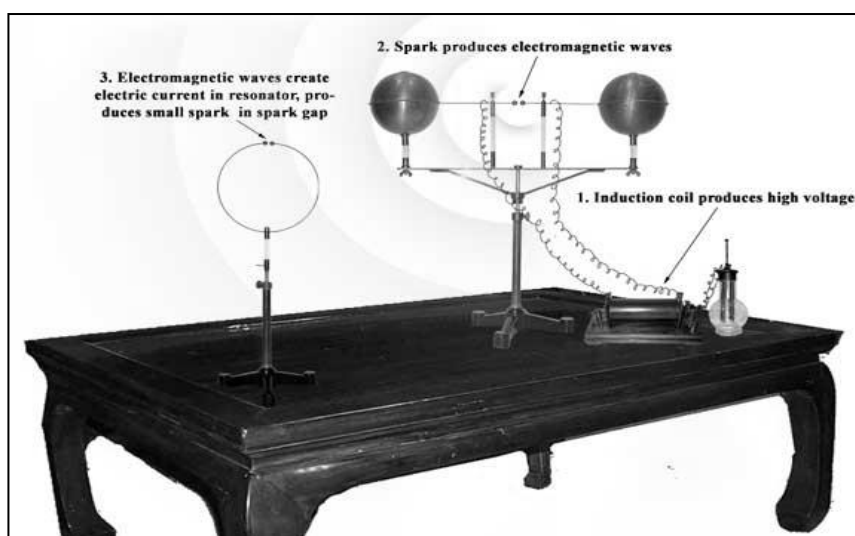


Figura TP1.1 – Experiência de Hertz

Para comprovar que o campo electromagnético se propagava através do espaço, Hertz preparou um detector (antena), conhecido também como “ressoador”, que consistia num anel metálico, com uma pequena abertura. As ondas electromagnéticas seriam detectadas porque a variação no tempo do campo magnético da onda ao atravessar o “ressoador” daria lugar a uma força electromotriz induzida que provocaria uma faísca entre as suas extremidades. Com o objectivo de analisar o fenómeno, colocou no seu laboratório uma superfície reflectora (análogo ao que acontece hoje nas antenas parabólicas) que lhe permitiria confinar as ondas produzidas no espaço compreendido entre o circuito emissor e a placa. Assim, e com a ajuda do *ressoador*, foi capaz de descobrir as características das ondas geradas pelo seu emissor.

As previsões teóricas de Maxwell foram confirmadas e Hertz demonstrou experimentalmente que as ondas electromagnéticas se reflectiam, se retractavam e sofriam interferências tal como as ondas luminosas. Em sua honra receberam o nome de **ondas hertzianas**.

Marconi



Figura TP1.2 – Guglielmo Marconi (1874 - 1937). "Pai" da TSF (Telegrafia Sem Fios)

A leitura de um artigo de H. Rudolf Hertz que sugeria o uso de ondas electromagnéticas para transmitir sinais telegráficos motivou o jovem Guglielmo Marconi (Figura TP1.2) a pôr em prática esta proposta revolucionária. Com visão de longo alcance, espírito inventivo e determinação, Marconi construiu e aperfeiçoou equipamentos que lhe permitiram demonstrar a realidade da transmissão sem fio a distâncias cada vez maiores, culminando, em 1901, com a primeira transmissão telegráfica através do Atlântico.

«Munido de aparelhos receptores, pipas, balões, antenas e acessórios a gás, tenta agora, diante das más condições do tempo no Atlântico, uma comunicação em sentido único. A 9 de Dezembro é enviado um telegrama a cabo para Poldhu, solicitando que a letra S, em código Morse (três pontos) fosse transmitida, sem interrupção, das 15 às 19 horas (hora local), a partir de 11 de Dezembro. No dia 10 ergue-se uma antena em Signal Hill, e a transmissão ocorre conforme o combinado. O vento sopra forte e Kemp, assistente de Marconi, tem dificuldade para controlar o balão. Nenhum sinal que possa ser identificado com a letra S, é ouvido. Marconi decide usar um receptor mais antigo. No dia 12 o vento está ainda mais forte, e é lançada para o mar, uma pipa com uma antena de 155 m, cujos fios pouco depois se partem. Uma nova pipa é providenciada e lançada Marconi está atento, com o ouvido colado ao receptor.

Inesperadamente, passa o auscultador ao assistente e pergunta calmamente: Não ouve nada, Kemp? No meio de ruído, Kemp distingue o ritmo inconfundível de três débeis toques, seguidos de uma pausa, depois outros três, uma nova pausa e assim por diante, até desaparecer por completo no meio do ruído. A dificuldade agora é outra. Como convencer o mundo de que fora capaz de transmitir sinais através do Atlântico com evidências tão frágeis?»

Actividade

- Elabora um pequeno trabalho de pesquisa sobre a experiência de Hertz e os trabalhos de Marconi que levaram à produção de ondas de rádio e à transmissão de som através destas.

- Na aula apresenta o trabalho e debate com os colegas o papel da previsão teórica (efectuada por Maxwell) e a importância da confirmação experimental. Analisa em que medida foram relevantes para o avanço da Ciência e da Tecnologia.

Sugestões de pesquisa

⇒ Jornais, revistas, livros e Internet

Exemplos:

- <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica3/laboratorio/espectro/espectro.htm> – neste *sítio* de Silva L.C.M. (2002) é possível, de forma interactiva, identificar as diferentes radiações e seus comprimentos de onda.

- <http://members.tripod.com/rlandell/sciencstep.htm> – História da Rádio – página de Netto L. (2005), dedicada a um dos pioneiros da rádio.

Notas

⇒ Algumas regras importantes que deves ter em conta na elaboração do teu trabalho:

- ✓ Não utilizar palavras cujo significado desconheces. Se encontrares um conceito novo, deves defini-lo (poderás aqui pedir auxílio ao teu professor);
- ✓ Usar parágrafos com frequência. Evitar períodos longos.
- ✓ Não utilizar reticências ou pontos de exclamação.
- ✓ Não esquecer que a síntese do que se leu não pode ser maior do que a informação recolhida.
- ✓ Rever o trabalho depois de escrito no computador.
- ✓ Pagar o trabalho.

Trabalho de Pesquisa (2)

A GAIOLA DE FARADAY

Seguidamente são apresentadas duas questões problema, tenta solucionar apenas uma delas.

Questão Problema 1

Para impedirmos os presos de usar o telefone móvel, poderia envolver-se as penitenciárias com uma rede metálica?

Os telefones móveis usam radiação da ordem dos 1 800 MHz, se construíres uma gaiola de malha apertada ela irá realmente impedir a propagação dessa radiação!

⇒ Faz os cálculos..., calcula o comprimento de onda das ondas electromagnéticas do telefone móvel, para saber quais deverão ser as dimensões dessa rede.

Chegarás à conclusão que a rede deverá ser parecida com aquelas redes metálicas que se usam na porta dos fornos de microondas...

Questão Problema 2

«Guerra tecnológica» para garantir o segredo papal

Equipas de segurança fazem vistoria minuciosa à Capela Sistina, lutando contra «bugs» de espionagem e sistemas de gravação. Vaticano quer ser o primeiro a anunciar o novo Papa. Conclave começa amanhã!

Especialistas, técnicos e responsáveis de forças de segurança ultimam detalhes para garantir o máximo sigilo possível durante o Conclave que começa segunda-feira, lutando contra novas tecnologias, «bugs» de espionagem e sistemas avançados de gravação.

Vinte e sete anos depois do último conclave, e dados os avanços de tecnologia desde então, a operação é bastante mais complexa, ... O objectivo é garantir que os 115 cardeais que se reúnem a partir de segunda-feira na Capela Sistina o façam verdadeiramente em segredo, sem o risco de as conversas serem ouvidas por microfones direccionáveis ou outros equipamentos de espionagem.

Durante dias, equipas de segurança procederam a uma vistoria minuciosa de todo o espaço com o objectivo de detectar eventuais microfones ou outros sistemas de transmissão.

As buscas passam pelo uso de detectores de energia que conseguem encontrar «bugs» de espionagem do tamanho de moedas e que podem estar escondidos em todo o lado, desde cortinados a lâmpadas, sistemas de ar condicionado ou quadros.

(...) Agendas electrónicas, televisões, rádios e, naturalmente, telefones portáteis estão expressamente proibidos. Especialistas consideram, por exemplo, ser relativamente fácil usar um portátil para espionagem, transformando-o à distância num microfone que transmita o que se passa no local onde está.

(...) A verdade é que há muito que o Vaticano está protegido por um gigante capacete electromagnético, com o objectivo de impedir que conversas no interior dos vários edifícios sejam escutadas com microfones.

Segundo o jornal La Stampa, especialistas instalaram inclusive sistemas de protecção especial contra lasers, que alegadamente conseguem reproduzir conversas com base nas vibrações de vidros das janelas.

Fonte: PortugalDiário, <http://www.portugaldiarario.iol.pt/>, 17.04.2005

⇒ Reflecte sobre o assunto do artigo e explica em que consiste o *capacete electromagnético gigante* de que o artigo fala. Com base nos conhecimentos adquiridos poderás ainda explicar sucintamente o seu funcionamento.

Trabalho de Pesquisa (3)

EFEITOS DOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS NO SER HUMANO

Introdução

Os processos eléctricos e fisiológicos normais existentes no organismo humano podem ser influenciados pelos campos electromagnéticos externos, sejam estes naturais (emitidos pelo Sol) ou artificiais (isto é, produzidos pelo Homem).

As fontes com origem humana que emitem a maioria dos campos de radiofrequências presentes no nosso ambiente, distribuem-se da seguinte forma:

- I. *Espaço domiciliário* – microondas, telemóveis, alarmes de segurança, rádios, televisões e aparelhos de vídeo, entre outros equipamentos;
- II. *Espaço profissional* – sistemas de aquecimento industrial, indústrias de radiodifusão, transporte e comunicação militares, equipamentos de diatermia médica para tratar a dor e a inflamação e instrumentos *electrocirúrgicos*. Há o perigo da exposição excessiva dos profissionais que operam com estes sistemas, mas a este nível de exposição existe regulamentação específica;
- III. *Espaço público* – emissores rádio ou televisão, radares, equipamentos de comunicação entre profissionais de segurança e táxis, sistemas de telecomando. Níveis mais elevados de campos de radiofrequências podem ocorrer em áreas localizadas perto de locais onde estão sedeadas grande número de antenas ou sistemas de radar.

Alguns aspectos importantes relativos a antenas e telemóveis

Uma estação base é um dispositivo fixo de comunicação que recebe e emite energia em radiofrequência. O *funcionamento de um telemóvel* é baseado numa comunicação em dois sentidos, entre o terminal portátil e a antena de estação base mais próxima, uma vez que ambos (telemóvel e estação base) são emissores e receptores de sinais em radiofrequência.

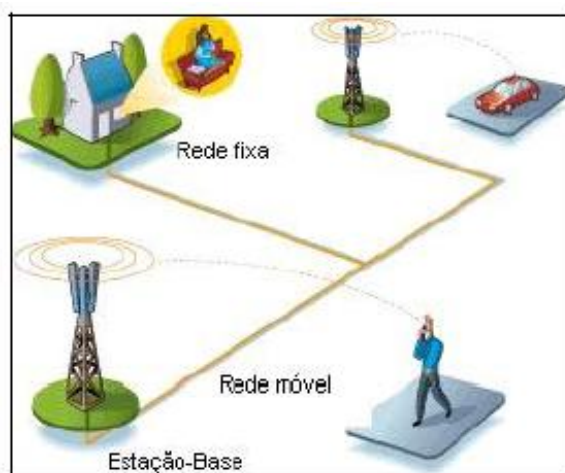


Figura TP3.1 – Funcionamento do sistema de comunicação móvel.

Fonte: France Telecom, adaptado por DGS Direcção-Geral da Saúde (2004).

Quando se efectua uma chamada através de um telemóvel, a informação é transmitida por radiofrequência até à estação base mais próxima.

Cada antena de estação base cobre uma área, chamada “célula” e por este motivo, os telemóveis são usualmente designados “telefones celulares”. A estação base está, por sua vez, ligada às estações base vizinhas e à linha de telefone fixo. A chamada é assim transferida, sem interrupção, até chegar ao seu destinatário.

Por seu turno, a antena de estação base também emite para o telemóvel que efectuou a chamada, a fim de que o utilizador possa receber as mensagens da pessoa para quem telefonou.

As grandes inquietações da população relativamente às comunicações móveis situam-se em dois planos:

1. Telemóveis – a proximidade imediata entre a antena do telefone e o crânio, durante a conversação;
2. Estações base – a sua multiplicação no nosso ambiente próximo.

De facto, a explosão do número de consumidores desta tecnologia implica a instalação de um número crescente de antenas de estações base, sobretudo em meio urbano, no sentido de garantir uma cobertura óptima num ambiente rico em obstáculos físicos. Tal conduz ao aparecimento de antenas nos telhados dos prédios, ou instaladas na fachada de imóveis ou no interior de locais ou espaços públicos.

Os telemóveis constituem uma fonte de radiações importante para o cérebro dos utilizadores, dado que o telemóvel é colocado junto à cabeça durante a conversação.

Procedimento

Com base nas conclusões obtidas na Actividade Laboratorial (9), sobre a detecção de campos electromagnéticos, realiza uma pequena pesquisa sobre os efeitos das radiações electromagnéticas no ser humano. Para isso deixamos-te algumas questões que podem servir de pistas a seguir.

Sugestões/ questões:

- Será preocupante o facto de se encontrar instalada uma antena de estação base no cimo de um prédio ou no átrio de uma escola?
- Como se propagam radiações emitidas por uma antena de estação base?
- Um telemóvel funciona melhor ao ar livre do que no interior de uma habitação, porquê?

- A intensidade máxima do campo eléctrico produzida junto à cabeça de um indivíduo que se encontre próximo de um telemóvel (durante a conversação) pode atingir cerca de 100 V/m, com base nos conhecimentos que já possuis sobre os campos eléctricos, o que podes concluir sobre este facto?
- Um auricular é um acessório extremamente útil e apresenta características preventivas, porquê?
- A utilização dos telemóveis pelas crianças deverá ser feita com restrições, porquê?
- “Para que a intensidade das radiações diminua, cada operador deverá instalar o maior número possível de antenas de estação base no território!” Procura verificar se é mesmo assim e porquê?
- A gama de frequências em que os telemóveis funcionam está inserida nas radiações não ionizantes (não têm a capacidade de produzir iões), das quais resultam lesões da estrutura do material biológico. Contudo, a radiação electromagnética não ionizante, embora não tenha energia suficiente para provocar uma ionização, é susceptível de induzir outros *efeitos biológicos*, procura informar-te sobre estes *efeitos*, e suas consequências.
- Indica as principais conclusões a que chegaste.
- Quais as certezas e as dúvidas existentes sobre o assunto.

Sugestões de pesquisa

- <http://www.lx.it.pt/monit/> – monIT, *sítio* do Instituto de Telecomunicações de Portugal, fornece informações básicas sobre Campos Electromagnéticos (em português).
- <http://www.francetelecom.com/fr/groupe/initiatives/savoirplus/anim/index.html> – Animações pedagógicas (em francês) sobre o funcionamento de diversas tecnologias de comunicação disponibilizado pela *France Telecom*.
- <http://www.fda.gov/cellphones/> – Informação aos consumidores sobre o telemóvel *Cell Phone Facts* (em Inglês), disponibilizado pela FDA Food and Drugs Administration.
- <http://www.fcc.gov/cgb/consumers.html> – Informação aos consumidores sobre o telemóvel *Cellular Phone – For Consumers* (em inglês), disponibilizado pela FCC Federal Communications Commission.

3.4.4 Textos para Abordagens CTS

TEXTO 1

Zonas livres de microondas?

Nos últimos anos, centenas de pessoas abandonaram as suas casas devido à enorme expansão dos sistemas de telefone móvel digital. O estabelecimento de zonas livres de microondas foi proposto por políticos suecos. Em uma carta aos membros do parlamento europeu, Kerstin Wackner, que dirige a organização sueca para refugiados ambientais, escreveu:

"... Da maneira como as coisas estão agora, muitos indivíduos desenvolvem graves sintomas — como dificuldade respiratória e colapso cardíaco — ao se aproximarem de uma torre de telefonia móvel. Outros, até mesmo perdem a consciência!... Muitos dos refugiados das microondas estão agora a tentar sobreviver em casas de verão, roulottes e até mesmo em barracas — às vezes, em temperaturas de -20°C. Alguns fugiram para outros países, como as áreas montanhosas da Espanha ou uma casa em alguma praia solitária das Ilhas Canárias. No entanto, é apenas uma questão de tempo até que essas áreas também sejam alcançadas por uma nuvem invisível de microondas... Também estamos profundamente preocupados com a infinidade de outras aplicações (existentes ou futuras) de microondas na sociedade, como:

- *Radar para carros (6,45 GHz)*
- *Telefone digital sem fio, do tipo DECT, para escritórios e casas*
- *Dispositivos caseiros chamados inteligentes, do tipo "Bluetooth" (2,45 GHz)*
- *Sistemas de supervisão por satélite*
- *Televisores digitais*
- *Internet digital*

A exposição total a campos electromagnéticos precisa ser discutida. Em 10 anos, aproximadamente, os efeitos da crescente exposição tornar-se-ão evidentes. Hoje, vemos apenas a ponta do iceberg..."

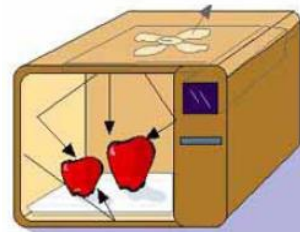
Fonte: *Heavy Metal Bulletin*, no. 1-2, 1999.

Traduzido por: TAPS Temas Actuais na Promoção da Saúde (2006) <http://www.taps.org.br/Paginas/meiopoeletr01.html>

TEXTO 2

Como funcionam os fornos de microondas?

As microondas são uma forma de energia electromagnética, como as ondas de luz ou as ondas de rádio e ocupam uma parte do espectro electromagnético. As microondas são ondas de baixa energia. Na sociedade tecnológica actual, as microondas são usadas para ligar longas distâncias na forma de sinais telefónicos, programas de TV, informações computadorizadas e até os satélites no espaço usados sobretudo para transmissão de informação de entre as quais se destaca o sistema GPS.



Mas, as microondas mais familiares são a fonte de energia que utilizamos para cozinhar os alimentos.

Cada forno microondas possui um *magnetron* - tubo em que os electrões são afectados pelo campo electromagnético de modo a produzir uma radiação com um comprimento de onda, da ordem dos 2450 MHz ou 2,45 GHz. Esta radiação microondas interage com as moléculas dos alimentos, provocando a inversão da sua polaridade de positiva a negativa em cada ciclo de onda. Nas microondas, estas mudanças de polaridade acontecem milhões de vezes a cada segundo ($2,45 \times 10^9$). As moléculas dos alimentos - especialmente as moléculas da água - possuem extremidade positiva e negativa como um íman que possui os pólos Norte e Sul.

Quando as microondas geradas pelo *magnetron* “bombardeiam” os alimentos, fazem rodar as respectivas moléculas na mesma frequência milhões de vezes por segundo. Toda esta agitação cria uma fricção molecular, a qual aquece os alimentos. A fricção também causa um elevado dano nas moléculas vizinhas, frequentemente rasgando-as em partes ou deformando-as completamente. O nome científico para esta deformação é “isomerismo estrutural”.

Muitos termos são usados para descrever ondas electromagnéticas, tais como: comprimento de onda, amplitude, ciclo e frequência. O comprimento de onda é quem determina o tipo de radiação, isto é, se são raios X, ultravioleta, visíveis, infravermelhos, etc. A frequência determina o número de ocorrências dentro de um dado período de tempo (normalmente 1 segundo). O número de ocorrências de um dado processo por unidade de tempo, isto é, o número de repetições dos ciclos por segundo.

A radiação, provoca a ionização, o que ocorre quando um átomo (neutro) ganha ou perde electrões. Em poucas palavras, um forno microondas altera a estrutura molecular dos alimentos com o processo de radiação.

Nem os estudos oficiais realizados pelos órgãos governamentais, FDA (Food and Drugs Administration), provaram que o uso frequente dos fornos microondas é nocivo, mas todos sabemos que a validade dos estudos pode ser - e às vezes são-no propositadamente - limitados. Muitos desses estudos foram mais tarde considerados incorrectos. Como consumidores, é suposto termos bom senso para usar e julgar.

Lembre-mo-nos por exemplo dos ovos e de como eles eram *inequivocamente* considerados nocivos para a saúde nos distantes anos 60. Isto provocou o fabrico de produtos para substituir os ovos, e deu grandes lucros aos seus fabricantes, enquanto os produtores de ovos foram à falência. Agora, e depois de muito, estudos recentes patrocinados por órgãos governativos afirmam que os ovos não são nocivos para a saúde. Então, em quem devemos confiar e qual critério que devemos usar para decidir as questões referentes à nossa saúde? Desde quando foi publicado que as ondas dos fornos microondas não se propagam no meio ambiente, quando adequadamente usado e com um design aprovado, a decisão encontra-se em cada consumidor a respeito de escolher ou não de comer alimentos aquecidos por um forno microondas ou mesmo de comprá-lo na primeira loja que o encontre.

Fonte: Barham P. (2000). *The Science of Cooking*.

Disponível em português em: <http://www.cienciaviva.pt/docs/AventurasAguaMicroOndas.pdf>

TEXTO 3

«Guerra tecnológica» para garantir o segredo papal

Equipas de segurança fazem vistoria minuciosa à Capela Sistina, lutando contra «bugs» de espionagem e sistemas de gravação. Vaticano quer ser o primeiro a anunciar o novo Papa. Conclave começa amanhã!

Especialistas, técnicos e responsáveis de forças de segurança ultimam detalhes para garantir o máximo sigilo possível durante o Conclave que começa segunda-feira, lutando contra novas tecnologias, «bugs» de espionagem e sistemas avançados de gravação.

Vinte e sete anos depois do último conclave, e dados os avanços de tecnologia desde então, a operação é bastante mais complexa, ... O objectivo é garantir que os 115 cardeais que se reúnem a partir de segunda-feira na Capela Sistina o façam verdadeiramente em segredo, sem o risco de as conversas serem ouvidas por microfones direccionáveis ou outros equipamentos de espionagem.

Durante dias, equipas de segurança procederam a uma vistoria minuciosa de todo o espaço com o objectivo de detectar eventuais microfones ou outros sistemas de transmissão.

As buscas passam pelo uso de detectores de energia que conseguem encontrar «bugs» de espionagem do tamanho de moedas e que podem estar escondidos em todo o lado, desde cortinados a lâmpadas, sistemas de ar condicionado ou quadros.

(...) Agendas electrónicas, televisões, rádios e, naturalmente, telefones portáteis estão expressamente proibidos. Especialistas consideram, por exemplo, ser relativamente fácil usar um portátil para espionagem, transformando-o à distância num microfone que transmita o que se passa no local onde está.

(...) A verdade é que há muito que o Vaticano está protegido por um gigante capacete electromagnético, com o objectivo de impedir que conversas no interior dos vários edifícios sejam escutadas com microfones.

Segundo o jornal La Stampa, especialistas instalaram inclusive sistemas de protecção especial contra lasers, que alegadamente conseguem reproduzir conversas com base nas vibrações de vidros das janelas.

Fonte: PortugalDiário, <http://www.portugaldiario.iol.pt/>, 17.04.2005

Também apresentado em, Trabalho de Pesquisa (2), secção 3.4.3

TEXTO 4

Extinção de pássaros

Segundo estudos britânicos, a radiação de microondas das antenas de telefones móveis podem ser a causa do desaparecimento de dez milhões de aves nos últimos anos.

Essas radiações afectam também os mamíferos e os seres humanos (gestantes, bebés, crianças, idosos...). Vários estudos mostram que houve um aumento de abortos e outras patologias nas proximidades das antenas.

Fonte: *British Trust for Ornithology*, GEA nº42, 2003.

Traduzido por, TAPS Temas Actuais na Promoção da Saúde (2006) <http://www.taps.org.br/Paginas/meiopoeletr01.html>

TEXTO 5

As linhas de alta tensão são prejudiciais para a saúde?

De acordo com estudos realizados por diversas entidades, entre as quais a Organização Mundial de Saúde, existe uma maior incidência de doenças (nomeadamente, doenças cancerígenas, como a leucemia) em populações que vivem junto a cabos de alta tensão. Contudo, não está provado que tal se deva exactamente aos cabos de alta tensão.

Como precaução, tem sido proposto que os cabos sejam subterrâneos em vez de aéreos, que se criem cordões de segurança em redor das zonas habitacionais, para que não sejam atravessadas pelos cabos, e, ainda, que se construam as linhas de modo que os campos magnéticos por elas gerados sejam de fraca intensidade.

Da parte das populações, é aconselhável que evitem habitar em casas situadas por debaixo das linhas de alta tensão e que procurem inscrever os filhos em escolas afastadas de cabos com estas características.

Fonte: *Deco, Pró-Teste – SOS Consumidor*, 01.01.2005.

In, <http://www.edideco.pt/default.aspx?show=31801&nodeid=377191&parentid=386641&subparentid=386621>

TEXTO 6

Perigo rodeia mil alunos

Pinhal de Frades vai ter um posto de combustível – ficará localizado no meio de pinheiros, por baixo de cabos de média tensão e a poucos metros de uma escola do 2.º e 3.º Ciclo e de um colégio privado.

Aos alunos, professores e funcionários da EB23 de Pinhal de Frades já não bastava os riscos de ter um poste de média tensão encostado à vedação e os cabos a atravessar todo o recinto – a Câmara Municipal do Seixal autorizou agora a construção de um posto de combustível a dez metros da vedação do estabelecimento de ensino, mesmo encostado a um pinhal. E nas traseiras do futuro posto está o Colégio Atlântico, que recebe crianças desde a creche ao 5.º ano de escolaridade.

Em Setembro, a autarquia pediu à EDP um parecer que autorizasse o início das obras do posto de combustível, a instalar na Av. da República (liga Casal do Marco a Fernão Ferro). A acção apanhou de surpresa os pais dos 950 alunos da EB23. “Há uns meses, quando começaram os rumores, a Câmara do Seixal disse-nos que não sabia de nada e agora já estão a pedir pareceres para a construção”, critica José Faia Correia, presidente da Associação de Pais e Encarregados de Educação.

PAIS TEMEM PELAS CRIANÇA

O dirigente associativo mostra-se preocupado com o risco que representa a colocação de um posto de combustível no local. “Ficará por baixo dos cabos e próximo da escola. Se houver um azar e um cabo rebentar, toda a área da escola e das bombas fica em alto risco.”

Apesar de não querer adiantar medidas de protesto, Faia Correia recorda a manifestação de 2001 contra o poste de média tensão colocado à entrada da escola. “Já cá estava quando se construiu a escola, mas não se toma a iniciativa de o retirar.”

Quem não dorme descansada é Natália Jorge. Vive paredes-meias com a escola e vai ter o posto de combustível a 30 metros de casa. “Não acho bem que se construa, porque é muito próximo de casa e também vai ficar encostado aos pinheiros, é uma coisa perigosa.”

ALTA TENSÃO

PROTECÇÃO CIVIL

O Gabinete de Protecção Civil da C.M. Seixal promoveu em Março uma acção de sensibilização na EB23 de Pinhal de Frades. Os alunos ficaram a saber qual a melhor forma de actuação em caso de catástrofe e os locais onde se podem refugiar na escola numa situação de emergência.

PERIGO DE LEUCEMIA

Um estudo da Universidade de Oxford divulgado em 2004 concluiu que as crianças que moram a um raio de 200 metros de distância das linhas de alta tensão têm risco 70% maior de desenvolver leucemia do que as que moram a mais de 600 metros.

Edgar Nascimento, *In Correio da manhã*, 6.10.2005.
In, <http://www.correiomanha.pt/noticia.asp?id=176751&idCanal=10>

Capítulo IV

VALIDAÇÃO DOS MATERIAIS DIDÁCTICOS

– O Workshop –

4.1 Introdução

Após a concepção dos materiais apresentados no capítulo anterior impunha-se a verificação e validação dos mesmos. Para isso resolvemos realizar um Workshop, subordinado ao tema “*Comunicações – Abordagens CTS das Radiações Não Ionizantes*”

A ideia da realização de um Workshop não surgiu logo no início da realização deste projecto. Primitivamente foram pensadas outras hipóteses de validação dos materiais didácticos, nomeadamente, o da validação em contexto sala de aula quer pela autora quer por outro professor da mesma área disciplinar. Este tipo de procedimento é frequente e é legítimo uma vez que as actividades laboratoriais foram pensadas para os alunos. No entanto, diversos factores foram obstáculo à implementação deste processo, de referir sobretudo, os seguintes: o factor tempo – entre a construção e a aplicação das referidas actividades; o factor da “novidade do programa” – o ano lectivo de 2004/05 foi o primeiro ano em que se leccionou pela primeira vez o actual programa do 11º ano e por este motivo todos os professores tiveram grandes dificuldades em gerir o *tempo*, principalmente para leccionarem o capítulo “Comunicações” pois este, para além de ser o último capítulo da componente de Física foi, simultaneamente, o último capítulo do programa (segundo as orientações os professores deveriam começar o programa da disciplina pela componente de Química); o factor de autora não leccionar (por não lhe ter sido atribuído) o 11º ano durante o referido ano lectivo.

Assim, e perante os factos descritos, foi colocada como hipótese mais viável e talvez, também mais justa, a da realização de um Workshop. Considerámos este processo de validação talvez mais legítimo, porque o processo de validação em contexto sala de aula não deixa de ter as suas limitações quer ao nível dos alunos quer ao nível do professor. Para os alunos pode ser um pouco lesivo o facto de estarem a servir de “cobaias” para um estudo, quando o que realmente importa é o seu aproveitamento que deve ser bem sucedido e de preferência avaliado com *ferramentas adequadas e inquestionáveis* (quero dizer com o mínimo de incorrecções didáctico-pedagógicas e claro, científicas). Também, o facto de as turmas serem, actualmente, na maioria das escolas bastante heterogéneas (isto é, os alunos que integram uma turma apresentam, frequentemente, condições semelhantes no que respeita ao nível social, económico, geográfico, etc; mas, de turma para turma o mesmo não se verifica), o que poderia à partida condicionar bastante os resultados obtidos em turmas diferentes. Do ponto de vista do professor as limitações estariam relacionadas com aspectos como o de ser professor e investigador em simultâneo – um professor não pode abstrair-se das suas responsabilidades relativas à avaliação dos alunos e ao cumprimento do programa e à articulação com os restantes professores do grupo disciplinar; um investigador tem de concentrar-se na observação dos comportamentos demonstrados pelos alunos perante as actividades propostas e desenvolvidas, ele precisa de tempo, de *independência* e de autonomia quase total para decidir o seu ritmo de ensino.

Decidido o método de validação dos materiais didáticos era importante, decidir quem iria proceder à sua avaliação. Seria conveniente que estes materiais fossem vistos e analisados por pessoas com conhecimentos razoáveis sobre os assuntos abordados (conceitos relacionados com os campos electromagnéticos) e de preferência que tivessem contacto com os actuais conteúdos programáticos do 11º ano de Física e com a forma como o programa está estruturado. Seria também importante que tivessem consciência das dimensões actualmente preconizadas para o ensino das ciências – pretende-se desenvolver nos alunos para além da dimensão científica as dimensões social, cultural, e tecnológica.

Perante o exposto optou-se por convidar professores de Física e Química de diversas escolas da região. Desta forma, os professores participantes formariam um grupo de peritos que procederiam a uma análise individual (e em grupo) de alguns dos materiais³⁶ concebidos. Esta análise seria enriquecida pela realização das actividades laboratoriais e pela constatação dos factos na prática e pelo confronto de ideias entre pares.

Todo o processo de planificação e organização do referido encontro será descrito nos próximos sub-capítulos.

No final, apresentam-se os resultados da aplicação de diversos questionários, aos professores envolvidos, nos quais era pedida a opinião sobre os materiais didáticos analisados.

4.2 Planificação do Workshop

A planificação do Workshop foi efectuada ao longo dos dois meses que antecederam a sua execução.

Durante o referido período de tempo pensaram-se todos pormenores necessários e indispensáveis à sua realização, nomeadamente, data, local, publico alvo, metodologia a aplicar, materiais a apresentar e validar, entre outros. Foi ainda elaborado um *PowerPoint* (anexo IV.0) para apresentar o tema (fazendo-se referência a alguns aspectos mais teóricos do assunto), o modelo de trabalho do encontro, entre outros.

O evento decorreu no dia 18 de Fevereiro de 2006, no Departamento de Física da Universidade de Aveiro, conforme programa que se encontra no anexo IV.3.

³⁶ Decidiu-se não apresentar todos os materiais concebidos por falta de tempo para análise dos mesmos e, especialmente, para a realização das actividades laboratoriais respectivas.

4.2.1 Professores avaliadores – contactos e inscrições.

Foram enviados (na última semana de Janeiro de 2006) folhetos/desdobráveis com ficha de inscrição para diversas Escolas Secundárias da região de Aveiro³⁷. Esses desdobráveis (anexo IV.1) foram enviados por correio electrónico para os Conselhos Executivos das Escolas e foi solicitado a sua divulgação junto dos Departamentos que integrem professores de Física e Química das respectivas escolas (anexo IV.2). Simultaneamente foram realizados também alguns contactos pessoais com professores para os sensibilizar a participar no Workshop.

Terminado o prazo limite de inscrição (10 de Fevereiro de 2006), recebemos quinze inscrições de professores interessados em participar no encontro. Praticamente todas as inscrições se realizaram por via electrónica, com o envio da ficha de inscrição devidamente preenchida. No mesmo dia em que terminou a inscrição para o Workshop enviou-se, a cada um dos professores inscritos, o programa do encontro (anexo IV.3), e um questionário prévio (anexo IV.4) que pretendia identificar e caracterizar melhor cada um dos participantes. Solicitou-se que respondessem num breve intervalo de tempo para permitir à dinamizadora recolher algumas informações que poderiam, à partida, ser relevantes.

Receberam-se vários questionários devidamente preenchidos (nove) alguns dos quais diziam respeito a professores que acabaram por não comparecer.

Foi com base neste questionário prévio que se pôde efectuar a caracterização da amostra de professores avaliadores (secção 4.2.2).

4.2.2 Caracterização da amostra de professores avaliadores

Conforme referido anteriormente, até à data limite de inscrição recebemos quinze fichas de inscrição devidamente preenchidas. A cada uns dos inscritos foi enviado um questionário prévio (anexo IV.4) que permitia recolher algumas informações úteis para os organizadores. Este questionário foi enviado por correio electrónico, ou em mão (no caso de dois contactos pessoais efectuados). Foi concedido um prazo para resposta (de seis dias) e solicitado que o mesmo fosse enviado também através de correio electrónico ou entregue em mão.

Receberam-se nove questionários atempadamente. Posteriormente, no próprio dia do encontro, solicitou-se aos restantes intervenientes que não haviam respondido, o favor de o fazerem no momento.

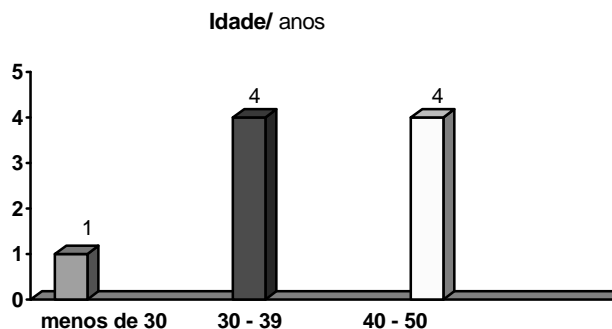
No referido questionário eram solicitadas informações como o nome (opcional); a idade; a formação académica; a situação profissional; o tempo de serviço; níveis de ensino leccionados; grau de conhecimento do documento “Revisão Curricular do E. S.”; grau de conhecimento sobre o ensino segundo a perspectiva CTS, fazendo referência a eventuais experiências; referência a assunto(s) que gostaria de ver abordados no Workshop.

³⁷ Lista de escolas contactadas encontra-se no anexo IV.2.

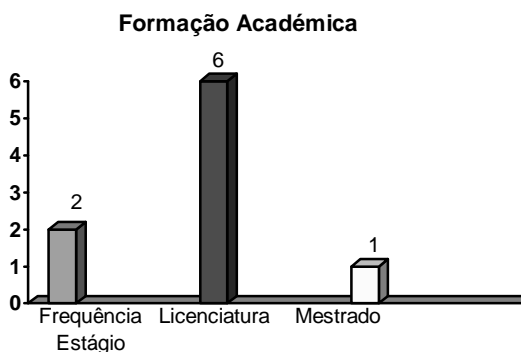
Questões 1, 2, 3, 4 e 5

As questões 1, 2, 3, 4 e 5 permitiram caracterizar a amostra, respectivamente, no que respeita à idade, à formação académica, à situação profissional, ao tempo de serviço e aos níveis de ensino leccionados.

Questão 1

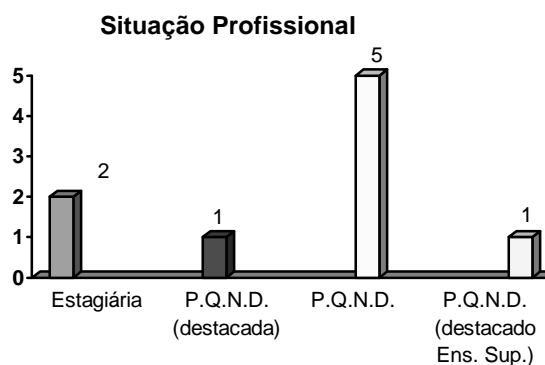


Questão 2

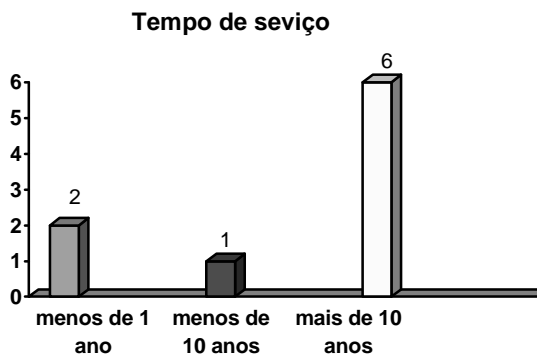


Dos nove participantes, seis possuem uma licenciatura em Ensino de Física e Química e três participantes, uma Licenciatura em Química, concluídas na maioria das situações entre 1990 e 1995. A Licenciatura concluída há mais tempo foi em 1983 da participante com mais idade. O Mestrado foi concluído em 2001.

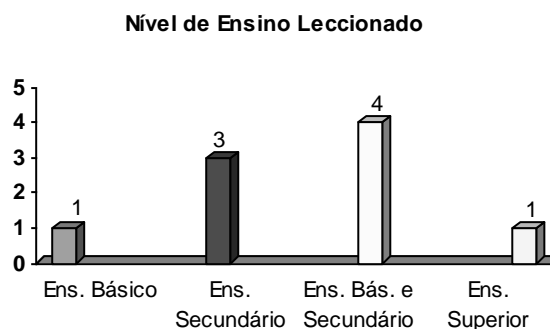
Questão 3



Questão 4



Questão 5



Como se pode observar, pelos dados recolhidos, os professores avaliadores (9 professores) tinham entre 30 a 50 anos, a maioria (6/9) possuía uma Licenciatura em Ensino de Física e Química concluída à mais de 10 anos. Grande parte dos professores (7/9), eram efectivos em lugar de Quadro de Escola e registavam mais de dez anos de serviço (6/9). Leccionavam quase todos (8/9), o Ensino Secundário.

De salientar ainda, que os professores avaliadores eram provenientes de quatro escolas diferentes, respectivamente: Escola Secundária Dr. Bernardino Machado (Figueira da Foz), Escola Secundária Dr. João Carlos Celestino Gomes (Ílhavo), Escola E.B. com Secundário João Garcia Bacelar (Tocha) e Escola Secundária c/ 3º Ciclo da Gafanha da Nazaré (Ílhavo); informação obtida a partir da ficha de inscrição. Os grupos de trabalhos foram constituídos por professores da mesma escola.

Questões 6, 7, 8 e 9

As questões 6 e 7 diziam respeito ao grau de conhecimento do documento “Revisão Curricular do E. S.” e ao grau de conhecimento sobre o que é o “*Ensino segundo a perspectiva CTS*”. Os itens 8 e 9 solicitavam que os participantes fornecessem algumas informações relativas à sua prática de ensino e fizessem referência a assunto(s) que gostaria(m) de ver abordado(s) no Workshop.

Questão 6 e 7

A maioria dos participantes (6/9), referiu que analisou o documento “*Revisão Curricular do E. S.*” (versão definitiva de Abril de 2003), individualmente e/ou com colegas, somente 3 disseram que apenas ouviram falar. Numa graduação de 1 a 6, quatro professores atribuíram o nível 3, relativo ao grau de conhecimento do documento referido, três atribuíram o nível 4 e duas o nível 5.

Questão 8 e 9

Vários professores (6/9) mencionaram alguns aspectos, relacionados com a sua prática de ensino diária, sobre o que pensam ser o ensino com uma orientação CTS. Expuseram as situações que melhor se recordavam e/ou que têm tendência usar mais no dia-a-dia, podemos referir a título

de exemplo: “analisar notícias do dia-a-dia que se relacionem com as temáticas a estudar”; “fazer actividades com os alunos (trabalhos de pesquisa; questões colocadas oralmente aos alunos) que mostrem a importância da Ciência na sociedade”; “procurar relacionar os conteúdos programáticos com os aspectos tecnológicos e com os problemas sociais e ambientais do quotidiano do aluno”; “utilizar determinadas “notícias” actuais dos meios de comunicação como ponto de partida para mostrar aos alunos a importância da Física e onde ela é aplicada...”; “utilizar questões do dia-a-dia para introduzir os conceitos (contexto - conteúdo)”; “relacionar, sempre que possível, os conteúdos abordados na aula numa perspectiva que os confronte com situações do quotidiano”.

Relativamente à questão 9, muito poucos professores responderam, apenas 3 professores. Sugeriram que fossem abordados assuntos como a relação das radiações electromagnéticas com a saúde (informação mais específica, estudos existentes/ conclusões); aspectos de segurança relacionados com o uso e manipulação de radiação microondas e que fosse feita uma abordagem experimental sobre a modelação de um sinal /ondas.

4.2.3 Organização do Workshop – modelo de trabalho

O Workshop decorreu segundo o programa previamente estabelecido, tendo havido apenas uma pequena alteração no horário devido a um ligeiro atraso inicial. Assim, as actividades laboratoriais que deveriam ter ficado completas no período da manhã, tiveram de se prolongar para a tarde, ocupando aproximadamente cerca de 90 minutos deste período. O tempo que restou foi, no entanto, suficiente para a realização das actividades previstas.

A organização do encontro pôde resumir-se a:

- Recepção e comunicação introdutória – nesta fase foi projectada uma apresentação em *PowerPoint* (anexo IV.0) exposta pela dinamizadora.
- Constituição de 4 grupos de trabalho (3 grupos com dois professores e 1 grupo com três professores).

Na formação dos grupos teve-se em consideração critérios como o conhecimento dos professores entre si e a experiência profissional. Como a maioria dos professores tinha idades aproximadas e tempos de serviço aproximados, o principal critério de formação dos grupos foi o conhecimento anterior dos professores entre si à excepção de um grupo em que foram colocados três professores. Neste grupo ficaram duas professoras estagiárias e um professor com o grau de Mestre, tentando-se deste modo equilibrar/compensar a experiência profissional e a formação académica dos professores constituintes do grupo.

- Realização de Actividades Práticas – cada grupo realizou três Actividades Práticas Laboratoriais e duas Actividades Práticas Virtuais. Realizaram as referidas actividades de forma rotativa, para que pudessem ser executadas sempre quatro actividades em simultâneo.

No período da manhã realizaram-se algumas das Actividades Práticas Laboratoriais concebidas (secção 4.2.4.1). Por falta de tempo, alguns grupos deixaram a conclusão destas Actividades para o período da tarde.

- Avaliação das Actividades Práticas – preenchimento de questionários.

No período da tarde procedeu-se, primeiramente, à conclusão das Actividades Práticas Laboratoriais e depois, à realização das Actividades Práticas Virtuais. Em seguida, foram entregues aos participantes documentos cuja finalidade era a Avaliação dos materiais didáticos distribuídos. Os documentos para Avaliação das Actividades Práticas apresentavam dois formatos, um (I), para resposta individual e outro (II), para resposta em grupo (anexos IV.5 e IV.6 respectivamente).

Após todos os grupos terminarem a realização das Actividades Práticas Virtuais, foi entregue a cada grupo um conjunto de fichas para avaliar todas as Actividades desenvolvidas.

Conforme se pode ver no respectivo documento (anexo IV.5), este é constituído por duas páginas, na primeira, encontra-se uma grelha destinada à Avaliação de cada Actividade segundo diversos parâmetros (ver secção 4.3.1.1), onde se procede à análise dos resultados destas grelhas) – foram entregues a cada grupo 6 *grelhas*, uma para cada Actividade. A segunda página do documento pretendia que o grupo efectuasse uma análise mais genérica do conjunto das Actividades (secção 4.3.1.2).

Após a Avaliação de cada grupo das Actividades desenvolvidas, procedeu-se à entrega de uma pequena ficha de *Avaliação das Actividades Práticas II*, para resposta individual (anexo IV.6). Este documento apresentava apenas duas questões de resposta aberta. O resultado desta ficha e dos restantes questionários será alvo de tratamento e análise, nas próximas secções.

Por último e para terminar, foi entregue um breve questionário que solicitava uma opinião sobre: o formato de trabalho escolhido para o Workshop; a forma como decorreram os trabalhos ao longo do dia; se o encontro correspondeu às expectativas, etc.

Este modelo de trabalho foi aquele que nos pareceu poder conciliar da melhor forma, o tempo disponível, a quantidade de materiais para análise e o tipo de Avaliação pretendida. Certamente que o ideal seria ter analisado todos os materiais concebidos, no entanto, o número de actividades concebidas e o tempo “disponível” para avaliar (um dia), não permitia que tal sucedesse. Decidimos assim, escolher um conjunto/amostra que considerámos representativa dos materiais elaborados (secção 4.2.4.1) e pedir, aos professores avaliadores, que analisassem as actividades quanto ao formato, à clareza das ideias, ao grau de exequibilidade, a pertinência dos assuntos, etc. Parâmetros que, à partida, se apresentam comuns entre os diversos materiais concebidos.

4.2.4 O Workshop

Por voltas das nove horas e trinta minutos chegaram as primeiras pessoas ao Departamento de Física da Universidade de Aveiro. Foram encaminhadas para uma sala no primeiro andar (equipada com diversos computadores todos com acesso à Internet).

Ao longo da meia hora seguinte foram chegando os restantes participantes (nove na totalidade). A cada professor foram entregues, à medida que iam chegando e se iam sentando, uma capa com toda a documentação necessária aos trabalhos previstos para o Workshop.

Por volta das dez horas, o professor orientador deu início ao encontro com um agradecimento pela presença de todos os participantes desejando um bom dia. A dinamizadora, logo em seguida, começou por se apresentar a si e ao professor orientador e de imediato reiterou o agradecimento pela presença de todos os professores e deu os votos de um bom dia.

A dinamizadora procedeu em seguida à exposição do assunto/tema sobre o qual se debruça a sua dissertação e que está na base da realização do Workshop. Com o auxílio de uma apresentação em *PowerPoint* foi informando os presentes de alguns aspectos relacionados com as Radiações Electromagnéticas Não Ionizantes, fez uma breve referência à pesquisa efectuada no âmbito da *Poluição Electromagnética* e contextualizou o assunto no programa da disciplina de Física do 11º ano. Apresentou ainda alguns textos sugestivos e informativos que poderiam servir de mote a uma abordagem CTS do tema em questão.

Terminada esta comunicação, os professores foram encaminhados para uma sala no segundo andar equipada com material de laboratório. Nesta sala encontravam-se previamente preparados os materiais adequados para cada uma das actividades laboratoriais previstas. Os locais respectivos estavam devidamente identificados com o nome da Actividade correspondente.

Antes de os professores iniciarem as tarefas, foi mostrado, a propósito do tema em análise, como uma simples bobine permite “ver” as radiações de um computador (figura IV.1) – através de uma montagem simples como a ilustrada, é possível concluir também que o campo magnético é um campo vectorial (Actividade AL9). Seguidamente, foi ainda mostrado como um equipamento usado para mostrar a indução magnética (duas ou três espiras concêntricas ligadas a um osciloscópio), pode também ser usado para visualizar no osciloscópio a indução provocada pelos campos electromagnéticos (ruído de fundo).



Figura IV. 1 – Montagem experimental que permite analisar a variação do campo magnético com a distância (distância da bobine à fonte do campo).

Terminada a pequena sugestão prático-laboratorial, os professores dirigiram-se de imediato para os locais das Actividades que lhes haviam sido distribuídas e iniciaram os trabalhos. A realização das Actividades Práticas Laboratoriais decorreu até próximo das 13 horas. Nem todos os grupos terminaram as actividades que lhes haviam sido distribuídas no período da manhã pelo que lhes deram continuidade no período da tarde.

O almoço decorreu na cantina em frente ao Departamento de Física da U.A., com a presença de seis professores. Os restantes, por motivos pessoais, optaram por ir almoçar a casa. Este momento foi uma boa oportunidade para descontração e convívio entre os participantes.

Os trabalhos do período da tarde iniciaram-se por volta das catorze horas e trinta minutos, na sala-laboratório, no segundo andar, o primeiro objectivo foi a conclusão das Actividades Laboratoriais iniciadas de manhã. Por volta das quinze horas os grupos foram encaminhando-se para a sala dos computadores, no primeiro andar, iniciando de imediato as Actividades Práticas Virtuais. Todos os professores possuíam os protocolos destas Actividades no formato escrito e no formato digital (previamente instalado em todos os computadores). Como se tratavam de Actividades Práticas Virtuais, foi aconselhado aos participantes que seguissem os procedimentos a partir do protocolo digital pois desta forma poderiam aceder aos sítios na Internet directamente, bastando para isso *clicar* nos endereços electrónicos indicados.

A realização destas actividades decorreu com grande normalidade. Notou-se, no entanto, por parte dos participantes algum entusiasmo na realização das Actividades Virtuais, talvez pela diferença relativamente ao tradicional, talvez pelo aspecto gráfico das simulações ou ainda pelo múltiplo número de conceitos que foi possível abordar de forma simples e atractiva – estes e outros factos são alvo de análise por parte dos professores avaliadores e as conclusões são apresentadas mais à frente no sub-capítulo 4.3.

A última fase do Workshop – preenchimento das fichas de avaliação e questionários – teve início por volta das dezasseis horas e quinze minutos aproximadamente, esta etapa realizou-se após uma pequena pausa para café e decorreu até às dezassete horas e trinta minutos. Cada grupo, situado a uma distância considerável dos restantes, geriu o tempo de preenchimento dos documentos conforme pretendeu e à medida que iam terminando o preenchimento de uns documentos, eram entregues os seguintes. Os professores, dos diferentes grupos, não trocaram quaisquer impressões entre si durante o preenchimento dos respectivos documentos. O professor orientador e a dinamizadora acompanharam constantemente todas as actividades de perto, aproximando-se dos participantes sempre que surgiam perguntas ou que notavam hesitações na execução das tarefas.

No final, e após a recolha de todos os documentos de avaliação, foi entregue pela dinamizadora a todos os professores participantes, um certificado de participação (anexo IV.8).

Dois grupos terminaram alguns minutos mais cedo que o previsto e os respectivos professores solicitaram para se ausentar por motivos pessoais, no caso particular, a família estava à espera e a viagem de regresso ainda era longa e, além disso as condições meteorológicas do dia eram bastante preocupantes, esteve um dia de temporal!

4.2.4.1 Actividades realizadas

Conforme se referiu na secção 4.2.3 não foi possível, face ao tempo disponível e ao número de Actividades Práticas concebidas (catorze no total), a realização de todas as actividades por parte dos professores avaliadores. Assim, e perante o facto de ter de se escolher de entre as Actividades existentes as que poderiam ser realizadas, resolvemos seleccionar aquelas que satisfizessem conjuntamente critérios, como: maior simplicidade de execução, menor quantidade de material envolvido, material mais comum³⁸, efeito mais vistoso do fenómeno físico a observar, menor duração da execução experimental, entre outros.

Perante o descrito foram escolhidas, as seguintes:

- ⇒ Actividades Práticas Laboratoriais (AL):
 - Experiência de Oersted (AL2);
 - A Gaiola de Faraday (AL5);
 - Aventuras da água no Microondas (AL8);
 - Força magnética entre fios (AL4a);
 - Acção do Campo Magnético sobre as Correntes (AL4b);
 - Comunicações por Radiação Microondas (AL10);

- ⇒ Todas as Actividades Práticas Virtuais (APV):
 - Simuladores de Microondas (APV1);
 - Simuladores de Ondas (APV2);
 - O Laboratório de Faraday (APV3);
 - Osciloscópio (APV4);

4.2.4.2 Material necessário à realização das Actividades Práticas

Na tabela IV.1, indicam-se os materiais utilizados na realização das Actividades Práticas Laboratoriais. Conforme é possível observar são materiais comuns, de fácil aquisição quer pela sua frequente disponibilidade em qualquer laboratório quer pelo seu baixo custo.

³⁸ Material comum é no sentido de banal, vulgar, de fácil aquisição, que faz parte do quotidiano das pessoas.

Tabela IV.1 – Material necessário à realização das Actividades Práticas Laboratoriais.

Experiência de Oersted	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Uma bússola simples ✓ Várias pilhas de 1,5 Volts ✓ Várias resistências, de preferência de 1 Ohm cada ✓ Cerca de dois metros de fio de cobre de pequena espessura $\approx 0,1$ mm ✓ Suportes para as pilhas e resistências (opcional)
A Gaiola de Faraday	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Um rádio receptor portátil (FM - frequência modulada) ✓ Um telefone móvel (telemóvel) ✓ Uma folha de papel de alumínio ✓ Uma folha de jornal
Aventuras da água no Microondas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Papel de alumínio ✓ Um prato raso ✓ Água ✓ 1 Clara de ovo ✓ 2 Batatas ✓ Lâmpada fluorescente ✓ Forno microondas
Força magnética entre fios	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 10 Pregos ✓ Fonte de alimentação ✓ Fios condutores (7 de diferentes tamanhos) para ligar as pilhas ao circuito principal e para ligar os eléctrodos entre si
Acção do Campo Magnético sobre as Correntes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tira de papel alumínio de 1m de comprimento e 1cm de largura ✓ Suporte isolante para segurar a tira de alumínio ✓ Fonte de alimentação DC, que produza uma corrente de intensidade aproximadamente 2A ✓ 2 Fios condutores
Comunicações por Radiação Microondas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Kit microondas

Para as Actividades Práticas Virtuais foram apenas necessários computadores ligados à Internet ³⁹, concretamente, quatro computadores (um por grupo), por decisão dos grupos de trabalho. Havia a facilidade de cada professor trabalhar no seu computador. No caso de serem os alunos a realizar estas Actividades será certamente essa a situação ideal.

³⁹ Os computadores poderiam não estar ligados à Internet uma vez que a maioria dos simuladores sugeridos permitem ser descarregados.

4.3 Avaliação dos materiais didáticos

Como já se referiu o processo de avaliação dos materiais didáticos decorreu durante a realização do Workshop “Comunicações - estratégias possíveis para uma abordagem do tema”.

Para o processo de avaliação foram construídos instrumentos/ documentos que se destinaram à recolha das impressões dos professores avaliadores acerca dos materiais didáticos. Estes documentos serão apresentados nas próximas secções e consistem em duas fichas designadas por Avaliação das Actividades Práticas – I (resposta em grupo) e Avaliação das Actividades Práticas – II (resposta individual) (anexos IV.5 e IV.6 respectivamente).

4.3.1 Avaliação das Actividades Práticas – I

Esta ficha de avaliação destinou-se a ser preenchida em grupo e era constituída por duas páginas, sendo cada uma das páginas uma parte da ficha de avaliação. A primeira parte, era constituída por uma grelha com parâmetros (tabela IV.3) cujos objectivos subjacentes foram os seguintes:

- ✓ Conhecer a opinião dos professores avaliadores relativamente a aspectos específicos de adequabilidade/ complexidade/ organização/ clareza dos protocolos/ materiais envolvidos, entre outros;
- ✓ Conhecer a opinião dos professores avaliadores relativamente à pertinência das actividades, se favorecem o espírito crítico, se constituem um meio propício e estimulante de aprendizagem, se estimulam a aprendizagem de concepções mais adequadas de ciências.

A segunda parte desta ficha de avaliação era constituída por três questões que pretendiam conhecer a opinião dos professores avaliadores relativamente a aspectos relacionados com os trabalhos práticos, como por exemplo: o tipo de trabalho prático a desenvolver; a orientação que pode, ou deve ser dada por parte dos professores aos alunos; a forma de implementação e as dificuldades que podem surgir na execução das referidas Actividades, entre outros aspectos.

Tabela IV.2 – Conjunto das Actividades Práticas realizadas.

AL2	<i>Experiência de Oersted</i>
AL5	<i>A Gaiola de Faraday</i>
AL1/APV4	<i>O osciloscópio</i>
AL4a	<i>Força magnética entre fios</i>
AL4b	<i>Acção do Campo Magnético sobre as Correntes</i>
AL8	<i>Aventuras da água no Microondas</i>
AL10	<i>Comunicações por Radiação Microondas</i>
APV1	<i>Simuladores de Microondas</i>
APV2	<i>Simuladores de Ondas</i>
APV3	<i>O Laboratório de Faraday</i>

4.3.1.1 Questão 1 – Parte I

A resposta à questão 1, exigia, por parte dos professores avaliadores a atribuição de um valor entre o 1 NADA e o 4 MUITO. Foram entregues a cada grupo seis grelhas/ páginas (uma para cada Actividade realizada), para procederem à avaliação das Actividades Práticas (tabela IV.2).

Tabela IV.3 – Parâmetros de Avaliação global das Actividades Laboratoriais

a)	É realizável pelos alunos, com um grau variável de participação no seu desenho e execução;
b)	Implica o recurso a procedimentos científicos com características diferentes (observação, formulação de hipóteses, realização de experiências, técnicas manipulativas, elaboração de conclusões, etc.);
c)	Requiere a utilização de materiais específicos, semelhantes aos usados pelos cientistas, ainda que por vezes simplificados para facilitar a sua utilização pelos alunos;
d)	Pode decorrer em espaços diferentes da aula (laboratório ou outro);
e)	Envolve riscos, devido à manipulação de material;
f)	Complexidade relativamente à organização (relativamente às actividades habitualmente realizadas, nas quais os alunos se limitam a escutar, ler ou resolver exercícios de papel e lápis).
g)	Estimula a aprendizagem de concepções mais adequadas de ciências.
h)	Favorece o desenvolvimento de uma atitude crítica.
i)	Constitui um contexto propício e estimulante de aprendizagem - envolve os alunos (emocional e intelectualmente) nas actividades propostas
j)	O texto apresenta-se compreensível, adequado, pertinente e útil ⁴⁰ .

Como referimos a primeira parte, da ficha de *Avaliação das Actividades Práticas – I*, teve como objectivos a análise individual (de cada professor avaliador) de cada Actividade Prática, no que respeita a diversos parâmetros (tabela IV.3).

O resultado da avaliação dos referidos parâmetros encontra-se registado na tabela IV.4.

A tabela IV.4, apresenta uma, duas ou três avaliações para cada Actividade, consoante o número de grupos que as realizaram.

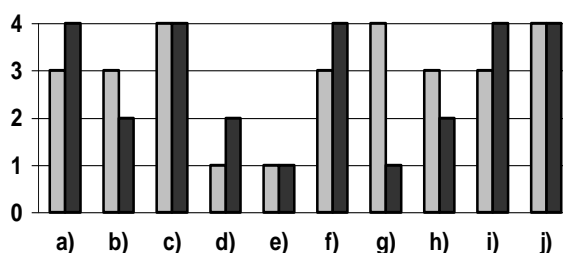
⁴⁰ Requisitos necessários e imprescindíveis para que os alunos se empenhem no planeamento, desenvolvimento e implementação da actividade, esforçando-se por compreender o porquê das diversas fases, articulando-as, prevendo resultados, registando-os, discutindo-os e comunicando o que fizeram, como fizeram, porque fizeram, que conclusões formularam e em que se fundamentam.

Tabela IV.4 – Respostas à questão 1: ficha de *Avaliação das Actividades Práticas – I* (parte I)

		Actividades Realizadas																							
		AL1	AL2	AL4a	AL4b	AL5	AL8	AL10	APV1	APV2	APV3	APV4													
Parâmetros de Análise	a)	3	4	4	4	2	3	2	2	3	3	4	4	4	3	4	3	3	4	3	4	4	3		
	b)	3	2	4	4	3	4	3	3	4	3	2	3	3	3	3	4	3	3	1	3	2	4	3	1
	c)	4	4	3	4	3	3	3	2	4	3	2	3	1	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1
	d)	1	2	2	4	3	1	1	4	1	3	4	4	4	3	3	1	4	4	4	4	4	4	4	4
	e)	1	1	1	1	1	2	4	2	4	3	1	1	3	2	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1
	f)	3	4	3	2	2	2	4	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3	3	2	3	1	2	3
	g)	4	1	4	3	3	4	4	4	4	3	2	4	3	3	4	3	2	3	1	3	3	4	3	1
	h)	3	2	3	4	3	3	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3
	i)	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	3
	j)	4	4	4	4	2	4	3	2	3	3	3	4	4	3	3	4	3	4	4	3	3	4	3	4

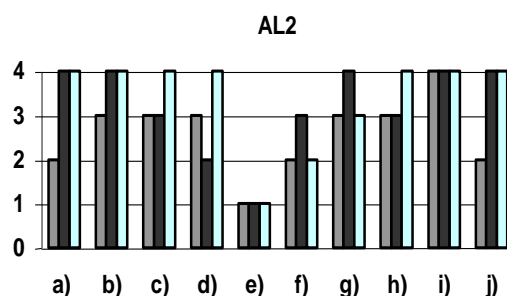
Seguidamente, apresentam-se os mesmos resultados registados na tabela IV.4, sob a forma gráfica para permitir uma análise mais clara e mais fácil dos resultados. Far-se-á um estudo breve de cada actividade, salientando-se apenas alguns dos resultados que mais se destacam.

AL1

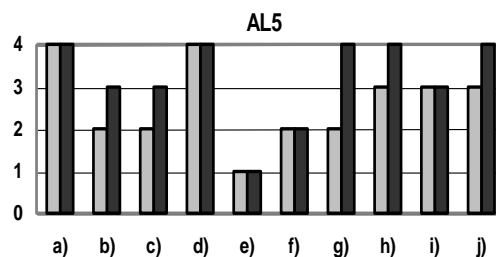


Como podemos observar pelo gráfico, relativamente à Actividade AL1 – O osciloscópio – houve uma concordância total, em ambos os grupos, no que respeita à avaliação dos parâmetros **c), e) e j)**. Os restantes parâmetros encontram-se relativamente próximos em termos da avaliação, à excepção do **g)**. Um grupo considera que esta Actividade **g)** – não *Estimula NADA a aprendizagem de concepções mais adequadas de ciências*, e o outro grupo considera que ...Estimula MUITO.

Consideramos que esta avaliação pode estar relacionada com a interpretação da expressão “concepções adequadas de ciências”, o manusear de um instrumento como o osciloscópio pode, ou não, ser interpretado como um conhecimento científico que os alunos devem adquirir, em nosso entender, é um instrumento cujo funcionamento deve ser minimamente compreendido pelo aluno. Esta Actividade, segundo os avaliadores, é MUITO/BASTANTE **a)** – *realizável pelos alunos, com um grau variável de participação no seu desenho e execução* e **i)** – *constitui MUITO/BASTANTE um contexto propício e estimulante de aprendizagem*.

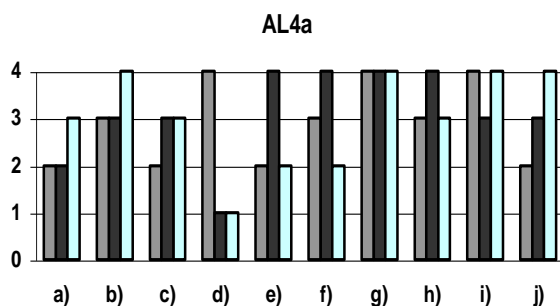


A Actividade AL2 – Experiência de Oersted – foi realizada por três grupos. Podemos observar uma concordância total no que respeita à avaliação dos parâmetros **e)** e **i)**. Os restantes parâmetros apresentam-se muito próximos quanto à avaliação. Há, no entanto, a salientar que o primeiro grupo que avaliou esta Actividade foi o primeiro a realizá-la, encontrando o material ainda numa fase muito desmontada. O grupo refere nas observações que o texto do protocolo **j)**, não estava suficientemente compreensível quanto aos procedimentos. Como podemos observar no gráfico, a discrepância na avaliação acentua-se mais entre este grupo (1ª coluna) e os restantes dois. Ficámos com a noção que a clareza de um protocolo condiciona imenso a execução de qualquer Actividade Prática. Como consequência desta avaliação procedemos à correcção/adequação em um ou dois pontos, do referido protocolo. Temos, apesar do referido, consciência que caso esta Actividade fosse realizada numa sala de aula, com alunos, eles teriam sempre o imprescindível apoio por parte do professor e o pequeno auxílio que foi dado ao primeiro grupo e o pequeno ajustamento que foi executado na montagem, tornou a Actividade muito acessível para os restantes grupos.



Os dois grupos que realizaram esta Actividade – A Gaiola de Faraday – apresentaram uma avaliação totalmente concordante nos parâmetros **a)**, **d)**, **e)**, **f)** e **i)**. Os restantes cinco parâmetros foram avaliados de forma muito semelhante, divergindo apenas em um valor, com excepção do parâmetro **g)** – *Estimula a aprendizagem de concepções mais adequadas de ciências*, que apresenta uma divergência de dois valores. Talvez o POUCO **f)** – *grau de complexidade* da Actividade ou o facto de ser MUITO **a)** – *...realizável pelos alunos*, torne esta Actividade, segundo alguns professores, menos estimulante à *aprendizagem de concepções adequadas de ciências*. Por outro lado, esta avaliação pode também reflectir a pouca familiaridade, que muitos professores revelam, sobre conceitos relacionados com o fenómeno,

ilustrado pela Gaiola de Faraday. Este fenómeno tão frequentemente aproveitado no quotidiano, nos mais variados domínios, é certamente um daqueles fenómenos físicos que qualquer professor não deveria deixar de analisar nas suas aulas.

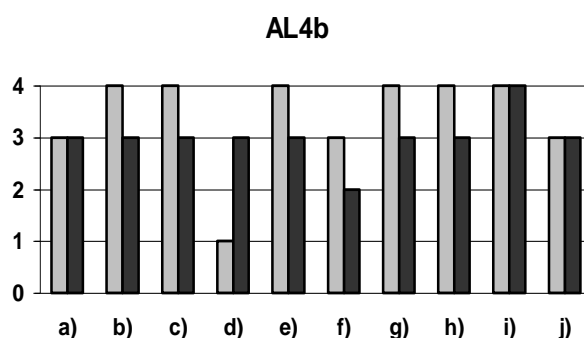


A Actividade AL4a – Força magnética entre fios – realizada por três grupos de professores avaliadores, teve pontuação máxima e unânime no parâmetro **g)** – *Estimula MUITO a aprendizagem de concepções mais adequadas de ciências.*

De salientar as avaliações dos parâmetros **d), e), f) e j)**.

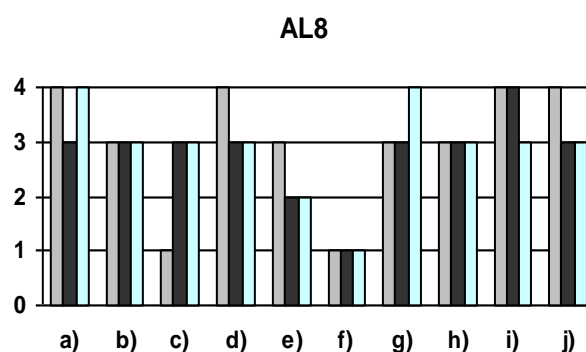
O parâmetro **d)** – *Pode decorrer em espaços diferentes da aula (laboratório ou outro)*, registou uma avaliação desigual entre os diferentes grupos, cremos que este facto se deveu, à interpretação que os avaliadores efectuaram do referido parâmetro. Esta Actividade necessita de material específico de laboratório, ver parâmetro **c)**, como tal deveria ser executada no decorrer de uma aula e/ou eventualmente, num laboratório de Física. Relativamente ao parâmetro **e)** – *Envolve riscos, devido à manipulação de material*, a sua avaliação registou alguma discordância devido, provavelmente, a um pequeno percalço sucedido com o segundo grupo (2ª coluna) que se assustou durante a execução desta Actividade. O aparelho que servia de fonte de alimentação, era ajustável em “intensidade” e, certamente devido a um manuseamento menos cuidadoso, entrou em curto-circuito.

Esta Actividade deve, com certeza, ser supervisionada de perto por um professor conforme demonstra a avaliação do parâmetro **f)** – *ELEVADA Complexidade relativamente à organização...*No entanto, é de referir que algumas das avaliações efectuadas pelo grupo 1 (1ª coluna), terão sido condicionadas pela *difficuldade* de compreensão que este grupo sentiu, ver avaliação do parâmetro **j)** – *O texto apresenta-se compreensível, adequado...* A identificação dos pontos de contacto (eléctrodos) na plataforma onde o circuito se encontra montado facilitou toda execução experimental – conforme demonstra a avaliação efectuada a este parâmetro pelos restantes grupos.



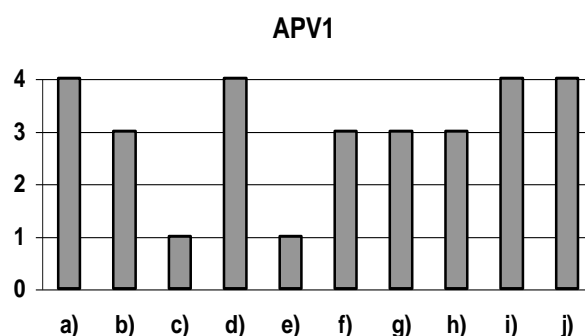
Como podemos observar pelo gráfico, relativamente à Actividade AL4b – Acção do Campo Magnético sobre as Correntes – houve uma concordância total, em ambos os grupos, no que respeita à avaliação dos parâmetros **a)**, **i)** e **j)**. Os restantes parâmetros apresentam uma concordância relativa, visto que, diferem na avaliação em apenas um valor. É de destacar a discordância na avaliação do parâmetro **d)** – *Pode decorrer em espaços diferentes da aula...* acreditamos que o motivo é semelhante ao que apresentámos na Actividade AL4a.

São ainda, sobretudo, de salientar os valores MUITO/BASTANTE atribuídos na avaliação desta Actividade aos parâmetros **g)** – *Estimula a aprendizagem de concepções mais adequadas de ciências;* **h)** - *Favorece o desenvolvimento de uma atitude crítica* e **i)** – *Constitui um contexto propício e estimulante de aprendizagem...*



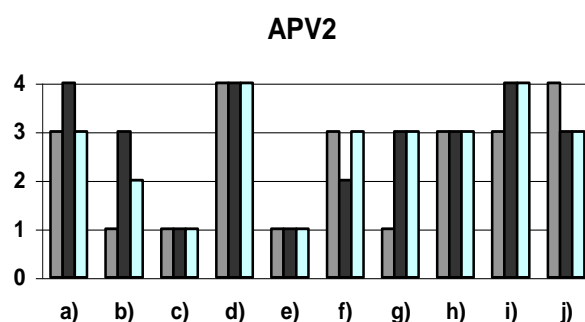
Os três grupos que realizaram esta Actividade AL8 – Aventuras da água no Microondas – apresentaram uma avaliação totalmente concordante nos parâmetros **b)**, **f)**, e **h)**. Nos restantes parâmetros, há proximidade nos valores atribuídos como avaliação, à excepção do parâmetro **c)** – *Requere a utilização de materiais específicos, semelhantes aos usados pelos cientistas, ...* Conforme se poderá observar, pela consulta do protocolo da Actividade AL8, cremos que a avaliação deste parâmetro pode reflectir a subjectividade da natureza do material usado na Actividade; um forno microondas talvez não seja um instrumento ainda muito familiar num laboratório de ciência!

Relativamente a esta Actividade julgamos que são de salientar, ainda, as avaliações atribuídas aos parâmetros **f)** – *não apresenta NENHUMA Complexidade relativamente à organização...* e o parâmetro **i)** – *Constitui MUITO/BASTANTE um contexto propício e estimulante de aprendizagem...*

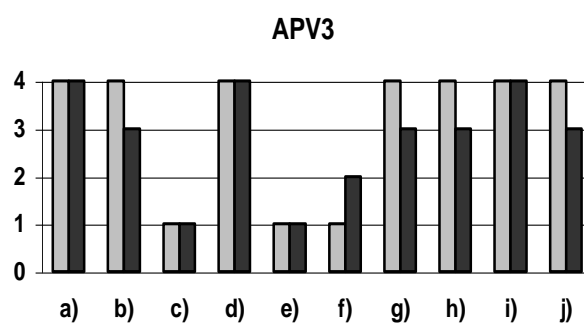


A Actividade APV1 – *Simuladores de Microondas* – foi executada apenas por um grupo de professores avaliadores e por conseguinte não é possível comentar opiniões discordantes. Vamos, por isso, fazer apenas referência às avaliações que consideramos relevantes.

São em nosso entender de salientar a avaliação dos parâmetros **c)**, **d)** e **i)**, respectivamente, não *Requere NADA a utilização de materiais específicos, semelhantes aos usados pelos cientistas, ...; Pode MUITO decorrer em espaços diferentes da aula ... e Constitui MUITO um contexto propício e estimulante de aprendizagem...* Recordemos que esta é uma simulação em computador que pretende explicar o funcionamento dos fornos microondas. Permite-nos analisar algumas das propriedades da radiação e a forma como esta interage com a matéria (moléculas).

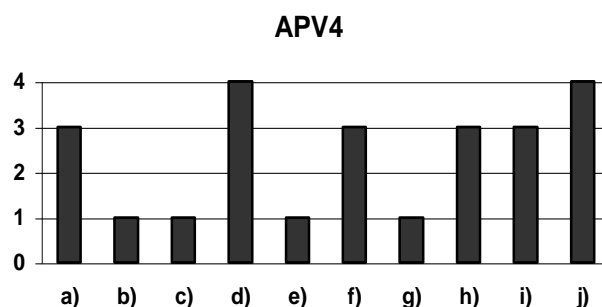


A Actividade APV2 – *Simuladores de Ondas* – realizada por três grupos de professores avaliadores, teve pontuação unânime nos parâmetros **c)**, **d)**, **e)** e **h)**. Os restantes não registam grandes variações, à excepção talvez, dos parâmetros **b)** – *Implica o recurso a procedimentos científicos com características diferentes (observação, formulação de hipóteses, realização de experiências, técnicas manipulativas, elaboração de conclusões, etc.);* e **g)** – *Estimula a aprendizagem de concepções mais adequadas de ciências.* O primeiro grupo (1ª coluna), considera, não haver NADA do parâmetro **b)**, assim como do **g)**, na presente Actividade. Cremos que a avaliação efectuada por este grupo pode ser fruto de um julgamento mais apressado (visto ter sido a última Actividade que o grupo avaliou), assim como de uma leitura menos cuidada do respectivo protocolo. Ao seguir os procedimentos indicados no protocolo, qualquer executante seria obrigado a *observar, formular hipóteses, elaborar conclusões, etc.* Veja-se a avaliação do parâmetro **h)** que considera que a Actividade – *Favorece BASTANTE o desenvolvimento de uma atitude crítica,* assim como, a concordância dos outros dois grupos quanto à avaliação do parâmetro **g)**.



Como podemos observar pelo gráfico, relativamente à Actividade APV3 – O Laboratório de Faraday – houve uma concordância total, em ambos os grupos, no que respeita à avaliação dos parâmetros **a)**, **c)**, **d)**, **e)** e **i)**. Os restantes parâmetros foram avaliados com uma “aceitável” discordância, isto é, os graus de avaliação atribuídos são muito próximos.

Na generalidade, são talvez de destacar as avaliações dos parâmetros: **g)**, **h)** e **i)**, que exprimem, respectivamente, que esta Actividade ...*Estimula* MUITO/BASTANTE a aprendizagem de concepções mais adequadas de ciências, ...*Favorece* MUITO/BASTANTE o desenvolvimento de uma atitude crítica e ...*Constitui* MUITO um contexto propício e estimulante de aprendizagem...



A Actividade APV4 – Osciloscópio – foi, à semelhança da APV1, também executada apenas por um grupo de professores avaliadores e por conseguinte também não é possível comentar opiniões discordantes.

De salientar talvez, a avaliação dos parâmetros **c)**, **d)**, **h)** e **i)**, que, respectivamente, sugerem que esta Actividade não *Requere a utilização de materiais específicos*; ... *Pode decorrer em espaços diferentes da aula...*; *Favorece* BASTANTE o desenvolvimento de uma atitude crítica, assim como, *Constitui um contexto propício e estimulante de aprendizagem...* Recordemos que esta é uma simulação em computador que pretende explicar o funcionamento das funções mais básicas de um osciloscópio.

Para terminar, a análise da primeira parte, queríamos apenas fazer uma breve referência à avaliação das Actividades no que respeita aos parâmetros, **a)** e **j)**, no geral quase todas foram consideradas BASTANTE ou mesmo MUITO, **a)** – *realizáveis pelos alunos, com um grau variável de participação no seu desenho e execução e*, **j)** – *O texto apresenta-se compreensível, adequado, pertinente e útil.*

4.3.1.2 Questão 1, 2 e 3 – Parte II

Relativamente à segunda página (Parte II) desta ficha de *Avaliação das Actividades Práticas – I*, foi entregue a cada grupo de professores, um exemplar. Esta segunda parte da ficha de Avaliação – I, era constituída por três perguntas precedidas de uma pequena introdução sobre a noção de trabalho prático segundo Hodson (anexo IV.5).

Nas tabelas IV.5, IV.6 e IV.7 apresentam-se, respectivamente, as transcrições das respostas fornecidas pelos grupos (G1, G2, G3 e G4) de professores avaliadores às questões: um, dois e três da ficha da Avaliação – I (parte II).

Por razões de ordem prática resolvemos expor as questões, seguidas das respostas e de um comentário/ análise das referidas respostas.

Q1-I Que papel deverá o professor assumir na orientação e desenvolvimento, pelos alunos, de um trabalho prático do tipo Laboratorial? E do tipo Virtual? (tendo por exemplos os realizados na sessão de trabalhos anterior)

Tabela IV.5 – Respostas à questão 1: ficha de *Avaliação das Actividades Práticas – I* (parte II)

Resposta em Grupo / Resumo das Ideias	
Q1- I (Ficha I, parte II)	<p>G1 – Lançar a questão problema com o objectivo de estimular a curiosidade do aluno.</p> <p>G2 – O papel do professor será definir uma questão problema e orientar os alunos de modo a que, através da realização experimental, consigam dar resposta à questão problema;</p> <p>G3 – Colocar questões aos alunos de modo a induzir neles uma atitude crítica.</p> <p>G4 – O professor deve ter o cuidado de elaborar um protocolo que leve o aluno a atingir os objectivos pretendidos pelo professor (no Ensino Básico, mais explícito e pormenorizado; no Secundário mais aberto, mas sempre, como um guia). Caso contrário corre-se o risco de os alunos "brincarem" com a situação e não desenvolverem espírito crítico...</p>
	<p>G1 – Apoiar o aluno na formulação de hipóteses, elaboração de protocolos e na execução da actividade.</p> <p>G2 – O papel do professor será posicionar o aluno perante a temática em estudo e dar-lhe a liberdade para virtualmente explorarem o assunto, de modo a ser precedida por uma discussão em conjunto na sala de aula.</p> <p>G3 – O professor deve indicar aos alunos as variáveis que deve, ou não, controlar e pedir-lhes conclusões.</p> <p>G4 – O professor deve ter o cuidado de elaborar um protocolo que leve o aluno a atingir os objectivos pretendidos pelo professor (no Ensino Básico, mais explícito e pormenorizado; no Secundário mais aberto, mas sempre, como um guia).</p>

Conforme é possível constatar pela análise da tabela IV.5, a *definição/explanação da(s) questão(ões)–problema(s)* deve ser, segundo os professores avaliadores, a principal acção de um professor quando pretende orientar, os seus alunos na realização de um trabalho prático do tipo Laboratorial. A elaboração cuidada do protocolo é também um facto mencionado, especialmente, no que respeita ao trabalho prático do tipo Virtual.

Seguramente que o protocolo é o elo de ligação fundamental entre o professor e o aluno, nele devem definir-se rigorosamente os objectivos a atingir, os procedimentos a executar, etc; usando sempre uma linguagem clara e concisa (e acessível ao nível etário dos alunos), uma correcta interpretação dos procedimentos (e dos objectivos) é fundamental para uma perfeita execução experimental. Muito frequentemente damos conta que grande parte dos alunos não compreende o que se pretende, por vezes por não estar a par do contexto, mas muitas vezes também, por não conseguir interpretar o que é exposto. O professor tem de ter sensibilidade suficiente para perceber as dificuldades do aluno e para o esclarecer.

A definição da questão-problema é de certa forma o motor do trabalho prático, sem esta não há razão para se propor uma Actividade do género. A definição/exposição da questão-problema pode ser feita de diferentes formas, no entanto, uma abordagem CTS pode ser, segundo a perspectiva actual de ensino, a forma mais adequada de introduzir o assunto. Por este motivo, indicam-se também neste estudo diversos textos alusivos a questões/temas do quotidiano bem como sugestões de pesquisa (secções 3.4.3 e 3.4.4), que pretendem ser sugestões de abordagens CTS dos assuntos relacionados com o tema Radiações Não Ionizantes.

Q2-I Considerando os currículos actuais, mecanismos e meios utilizados na avaliação e classificação das aprendizagens dos alunos, que dificuldades e problemas se antecipam relativamente à implementação de trabalhos práticos deste tipo “Tipo Laboratorial” e “Tipo Virtual” respectivamente? (tendo em consideração os trabalhos que desenvolveram).

Tabela IV.6 – Respostas à questão 2: ficha de *Avaliação das Actividades Práticas – I* (parte II)

Resposta em Grupo / Resumo das Ideias	
Q2- I	<p>G1 – Falta de material disponível em quantidade suficiente, bem como de instalações específicas; Elevado número de alunos por turma...</p> <p>G2 – As dificuldades para implementar os trabalhos práticos devem-se a dificuldades de natureza logística.</p> <p>G3 – Grelhas de avaliação ... como elaborar e como usar em sala de aula</p> <p>G4 – A extensão dos programas;</p>
(Ficha I, parte II)	<p>G1 – Inexistência de computadores, nomeadamente, com ligação à Internet nas salas de aula/laboratórios.</p> <p>G2 – (não fizeram distinção)</p> <p>G3 – Dificuldades de acesso à Internet e também dificuldades em controlar a pesquisa feita pelos alunos (eles podem apenas estar a brincar e não estar a aprender).</p> <p>G4 – É necessário que as salas de aula tenham computadores ligados à Internet e turmas pequenas ou divididas em turnos de modo a que todos os alunos consigam acompanhar a Actividade.</p>

Na tabela IV.6 apresentam-se as respostas dadas pelos professores avaliadores à questão dois, Q2-I, da segunda parte da Ficha de *Avaliação das Actividades Práticas – I*.

A partir da análise dos resultados expressos na referida tabela, é possível observar que os professores avaliadores referem a falta de material, o elevado número de alunos por turma, a

avaliação em sala de aula e a extensão dos programas como as principais dificuldades que surgem na implementação de trabalhos práticos do tipo Laboratorial. Relativamente aos trabalhos práticos do tipo Virtual são referidos factores como, a inexistência de computadores nas salas de aula/laboratórios (em número suficiente e, principalmente, com ligação à Internet), a dificuldade de controlar a pesquisa efectuada pelos alunos e o elevado número de alunos por turma/turno como os principais impedimentos à realização de actividades deste género.

Os factores referidos não são de todo surpreendentes. É possível observar num estudo/relatório recentemente elaborado e intitulado *Livro branco da Física e da Química*⁴¹ de Martins *et al.* (2002), os resultados de inquéritos efectuados a professores sobre estes e outros assuntos e constatar a sua semelhança. A título de exemplo, podemos referir que no capítulo 2, *Condições de trabalho na Escola e nos Laboratórios* do referido relatório é possível analisar a classificação da qualidade dos *recursos específicos para o ensino da Física e da Química*. Verifica-se que cerca de 80% dos professores considerou que o equipamento experimental é considerado insuficiente para realizar trabalhos de grupo com os alunos e ainda no que diz respeito a computadores, este recurso auxiliar do ensino é considerado mau, fraco e razoável por cerca de 80% dos professores do Ensino Secundário.

São também analisados neste estudo e no mesmo capítulo, a divisão das turmas em turnos experimentais e o número de alunos por turma. Verificou-se que 64% dos professores têm as turmas divididas em turnos, no entanto, este facto não garante que as actividades práticas laboratoriais sejam promovidas com a qualidade desejável (há que ter em consideração factores condicionantes como, o número de mesas de trabalho, as dimensões da sala/laboratório, a existência de equipamento didáctico suficiente para a organização de grupos de trabalho, etc); quanto ao número de alunos por turma verificou-se que os valores reais ultrapassam, em média, 4 a 5 alunos o valor ideal/desejável para o número máximo de alunos por turma (cerca de 20 alunos).

No capítulo 3, do mesmo estudo – *Concepções e Perspectivas sobre os Programas* – são apresentadas razões do não cumprimento dos programas. De entre as quatro razões principais apresentadas figurava a da *extensão ou inadequação dos programas para o nível etário dos alunos* (a principal razão para o ensino Secundário) e, a *da falta de tempo condicionada pela existência de turmas grandes e/ou heterogéneas* (a segunda razão mais referida para o E.S.).

Conforme se pode verificar há uma razoável concordância entre as respostas dos professores avaliadores e as opiniões dos professores intervenientes no estudo, *Livro branco da Física e da Química*.

⁴¹ Estudo, que constitui uma base de dados sobre a situação actual do Ensino da Física e da Química em Portugal. Nele podem observar-se os problemas mais frequentemente referidos pelos professores destas áreas, concretamente, problemas relacionados com a aprendizagem e a implementação dos currículos, entre outros.

É de salientar ainda, nas respostas dos professores avaliadores, o facto da inexistência de ligação à Internet nos laboratórios/salas de aula, ser um obstáculo à concretização de algumas actividades, nomeadamente das que requerem o acesso a modelos e simulações Virtuais. Seguramente que sem este recurso, o professor vê reduzida a desejável diversidade de actividades de que deveria dispor. Acrescente-se no entanto, que neste caso concreto, as simulações apresentadas e avaliadas no Workshop podem ser executadas num computador em que, previamente, tenha sido feita a instalação (*download*) dos programas/simuladores respectivos. Quanto ao controle por parte do professor, da pesquisa efectuada (ou não) pelos alunos, cremos que cabe a este encontrar os meios necessários de verificação. Esses meios podem passar pela avaliação directa, com testes experimentais por exemplo, e/ou pela avaliação indirecta através da confrontação/discussão de ideias.

Relativamente à questão 3, Q3 – I, da segunda parte da ficha de Avaliação das Actividades – I os professores avaliadores responderam conforme consta da tabela IV.7.

Q3 – I Que formas alternativas encontraria para ultrapassar as referidas dificuldades/ problemas?

Tabela IV.7 – Respostas à questão 3: ficha de Avaliação das Actividades Práticas – I (parte II)

Resposta em Grupo / Resumo das Ideias	
Q3-I (Ficha I, parte II)	G1 – Reduzir o número de alunos por turma; Equipar devidamente as escolas. G2 – Encontrar materiais alternativos para execução dos trabalhos laboratoriais. G3 – Mais formação de professores. G4 – Não tendo hipótese (tempo lectivo suficiente) para realizar todas as actividades propostas, há que seleccionar algumas experiências.

As respostas dos professores avaliadores à questão 3 evidenciam alguma confusão entre, formas alternativas (directas), que um professor pode encontrar para ultrapassar dificuldades do género das referidas na questão 2, e as soluções mais definitivas (indirectas), que passam por organismos superiores de gestão e inclusive pela Legislação.

Assim, e no âmbito desta última noção, as respostas dos professores avaliadores sugerem acções como a redução de alunos por turma, o equipamento adequado das escolas e a formação de professores. Estas são medidas de todo desejáveis, no entanto, são decisões que não cabem directamente ao professor e muito menos passam pela sua prática lectiva diária.

Concordamos, por isso, que o professor tem necessidade, no seu quotidiano, de encontrar materiais alternativos para trabalhos laboratoriais e seleccionar de entre as opções disponíveis as actividades que podem ser executadas. Mais uma vez, e no seguimento desta ideia, fazemos referência ao Livro Branco da Física e da Química, e às recomendações constantes do capítulo 6, Concepções e Perspectivas Sobre o Trabalho Experimental. Segundo os respectivos autores, é desejável que o professor desenvolva, nas aulas de Física e Química, uma diversidade de actividades experimentais (laboratoriais) ao contrário de se restringir a um único tipo; é desejável

que use criticamente modelos e simulações (Internet, CD-ROM, textos escritos, etc.) que promovam a compreensão e a abstracção; é desejável também que utilize, de forma criteriosa, as Novas Tecnologias de Informação, nomeadamente os sensores e os computadores...; e ainda, que contemple aulas para discussão de assuntos actuais, eventualmente polémicos, relacionados com a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente; entre outros. Todas estas recomendações vão de encontro aos pretensos objectivos dos materiais/actividades Laboratoriais e Virtuais que, neste estudo, se conceberam.

4.3.2 Avaliação das Actividades Práticas – II

A ficha de *Avaliação das Actividades Práticas – II* destinou-se a ser preenchida individualmente por cada professor avaliador. Esta ficha era constituída por duas perguntas de resposta aberta.

Nas tabelas IV.8 e IV.9 encontram-se registadas, respectivamente, as opiniões dos professores à questão um, Q1 – II, e à questão dois, Q2 – II.

Mais uma vez por motivos de ordem prática, apresenta-se a questão, seguida das respostas fornecidas pelos professores avaliadores (P1 a P9) e por último uma análise/comentário geral aos resultados (respostas).

Q1 – II Exponha a sua opinião sobre a adequabilidade das actividades propostas para a abordagem do tema Comunicações (do actual programa de Física 11º ano de escolaridade). Caso não esteja a par do programa avance para a próxima questão.

Tabela IV.8 – Respostas à questão 1: ficha de *Avaliação das Actividades Práticas – II*

	Resposta Individual / Resumo das Ideias
Q1– II (Ficha II)	<p>P1 – As actividades propostas adequam-se no tema “Comunicações a longas distâncias” para abordar o tema da radiação electromagnética e suas propriedades. No tema “Comunicações a curtas distâncias”, as actividades permitem discutir assuntos relacionados com as propriedades de campo eléctrico, magnético e indução electromagnética.</p> <p>P2 – As propostas estão adequadas mas, não é possível a realização de todas. As que envolvem forças e campos magnéticos penso que não se poderão aprofundar os conteúdos.</p> <p>P3 – As actividades sobre força magnética (AL4a e 4b) não se adaptam ao programa. Embora interessantes, também a Gaiola de Faraday e o forno microondas não me parecem adequadas ao programa. Contudo devo referir que embora conheça o programa, ainda não o leccionei.</p>

<p>Q1-II (Ficha II)</p>	<p>P4 – Considero as actividades adequadas para a abordagem do tema Comunicações para o actual programa e executáveis para alunos de Física do 11º ano.</p> <p>P5 – As actividades propostas para abordar o tema Comunicações (do programa de Física do 11º ano) são adequadas.</p> <p>P6 – Todas as actividades propostas são directamente aplicáveis na abordagem do programa de Física do 11º ano.</p> <p>P7 – As actividades propostas são adequadas à abordagem do tema Comunicações.</p> <p>P8 – As actividades por nós desenvolvidas estão adequadas ao programa, são perfeitamente exequíveis pelos alunos, não envolvem grande risco (ou, as que têm, se os alunos forem alertados não envolvem riscos) e ainda levam a esclarecer conceitos e criar o espírito crítico se devidamente orientados.</p> <p>P9 – Acho que estão adequadas ao programa e que ajudam a clarificar alguns conceitos sobre este capítulo. São conceitos abstractos e não de fácil entendimento por parte dos alunos.</p>
------------------------------------	---

Conforme é possível observar a partir da análise da tabela IV.8, onde se encontram registadas as respostas dos professores avaliadores, a maioria dos professores considerou as actividades adequadas para a abordagem do tema Comunicações (do actual programa de Física do 11º ano).

Olhando com algum pormenor para as respostas, podemos observar que os professores P1, P2, P8 e P9, acrescentam algumas opiniões mais específicas e de carácter prático, concretamente:

- as actividades são úteis para, no tema “Comunicações... a longas distâncias”, abordar a noção de radiação electromagnética e suas propriedades e no tema “Comunicações... a curtas distâncias”, as actividades permitem discutir assuntos relacionados com as propriedades do campo eléctrico, magnético e indução electromagnética.

- a impossibilidade de aprofundar alguns dos conceitos, implícitos nos fenómenos físicos observados, nomeadamente as que envolvem forças e campos magnéticos;

- alguns conceitos envolvidos são abstractos e não de fácil entendimento por parte dos alunos a que se destinam (faixa etária dos 16/17 anos);

- as actividades propostas não envolverem riscos (ou serem mínimos, desde que devidamente orientados pelos professores);

- as actividades ajudarem a clarificar alguns conceitos físicos e a desenvolver o espírito crítico nos alunos;

O professor P3, considera que as actividades “não se adaptam ao programa” acrescenta ainda que, conhece o programa mas ainda não o leccionou. Talvez o facto, de não ter ainda leccionado o programa, seja importante para poder ter uma opinião mais fundamentada sobre a adequação (ou não) das actividades apresentadas. Consideramos a resposta, mas não ficamos esclarecidos sobre o porquê da opinião fornecida.

Q2 – II Exponha a sua opinião sobre a exequibilidade das actividades propostas.

Refira pontos como:

- grau de dificuldade de execução;
- adequação ao nível etário;
- clareza do protocolo (da actividade), relativamente aos procedimentos a executar;
- meios materiais envolvidos (custos, disponibilidade, etc.);
- outros que ache por bem referir.

Tabela IV.9 – Respostas à questão 2: ficha de *Avaliação das Actividades Práticas – II*

Resposta Individual / Resumo das Ideias	
Q2 – II (Ficha II)	<p>P1 – A maior parte das actividades são de grau de dificuldade de execução baixo, mas que abordam conceitos que não se adequam ao nível etário de alunos do 11º ano de escolaridade. Os protocolos ... são claros. Os materiais envolvidos na maior parte das actividades experimentais são simples e de baixo custo, o que os torna disponíveis no dia-a-dia.</p> <p>P2 – Não são de difícil execução; São adequadas ao nível etário; os protocolos são claros; Os meios envolvidos são económicos mas, alguns não estão disponíveis na sala de aula (por ex: microondas).</p> <p>P3 – As actividades são exequíveis, adequadas ao nível etário e os protocolos estão claros. A actividade de menor exequibilidade é a do microondas.</p> <p>P4 – Considero que as actividades propostas são exequíveis, embora algumas com um grau de dificuldade médio; são adequadas ao nível etário dos alunos. Relativamente aos protocolos apresentados são claros no que respeita ao seu procedimento e execução.</p> <p>P5 – De um modo geral, penso que todas as actividades são exequíveis, contudo a dificuldade de algumas é elevada, nem sempre os protocolos (procedimentos) são os mais simples de executar e perceptíveis para os alunos. Assim será melhor adoptar materiais mais acessíveis para permitir a compreensão por todos os alunos e execução fácil para os alunos.</p> <p>P6 – Acho que algumas experiências têm um elevado grau de dificuldade de execução, na medida em que envolvem muito tempo na sua preparação. Por outro lado, para alunos pouco atentos (o que é o mais vulgar) torna-se um pouco frustrante. Devido à extensão do programa este tipo de implementação torna-se moroso e às vezes é necessário progredir mais depressa.</p> <p>P7 – A maioria das actividades não apresenta dificuldade de execução e são adequadas ao nível etário dos alunos a que se destinam. Todos os protocolos apresentados são claros, descrevendo os procedimentos a executar de forma adequada. A maioria dos materiais envolvidos são de baixo custo e estão disponíveis nas escolas. Excepção para o kit microondas e o osciloscópio que são de custo elevado, naturalmente, no entanto, disponíveis em algumas escolas.</p> <p>P8 – Na minha opinião o grau de dificuldade de execução está entre o fácil e o médio, está adequado ao nível etário (16/17 anos); os protocolos deveriam ser mais claros especificamente o AL4A e o AL2; os meios materiais envolvidos são adequados e economicamente praticáveis.</p> <p>P9 – As execuções experimentais eram, na generalidade, simples de realizar e adequadas ao nível etário dos alunos... Os protocolos nem sempre eram claros (correntes paralelas e experiência de Oersted, AL4A e AL2). Penso que temos de nos colocar na “pele” dos alunos e pensar como eles, quais as dúvidas que lhes surgem, etc. Os meios materiais não são muito dispendiosos e são fáceis de arranjar.</p>

Na tabela IV.9 apresentam-se as respostas dos professores avaliadores à segunda questão, Q2 – II, da ficha de *Avaliação das Actividades Práticas – II*. Nesta questão eram solicitadas opiniões, dos professores avaliadores sobre a exequibilidade das actividades propostas, concretamente, no que se refere ao grau de dificuldade de execução; à adequação ao nível etário; à clareza do protocolo relativamente aos procedimentos a executar; aos meios materiais envolvidos e outros a referir.

Da leitura atenta das respostas inscritas na tabela IV.9, é possível perceber, as seguintes ideias:

Quanto ao grau de dificuldade de execução:

- *A maior parte das actividades são de grau de dificuldade de execução baixo, ...simples de realizar* – professores P1, P2, P7, P8 e P9.
- *As actividades são exequíveis...* – professores P3, P4, P5;
- *Algumas experiências têm um elevado grau de dificuldade de execução, na medida em que envolvem muito tempo na sua preparação* – professor P6;

Adequação ao nível etário:

- *São adequadas ao nível etário* – professores P2, P3, P4, P7, P8 e P9;
- *Abordam conceitos que não se adequam ao nível etário de alunos do 11º ano* – professor P1;

Os restantes professores não manifestaram opinião sobre este item.

Quanto à clareza dos protocolos:

- *Os protocolos ... são claros* – professores P1, P2, P3, P4 e P7;
- *Nem sempre os protocolos são perceptíveis para os alunos* – professores P5 e P9;
- *Os protocolos deveriam ser mais claros especificamente os...* – professor P7;

Quanto aos materiais envolvidos:

- *Os materiais envolvidos na maior parte das actividades são de baixo custo* – professores P1, P7, P8 e P9.
- *Os meios envolvidos são económicos mas, alguns não estão disponíveis na sala de aula* – professor P2.

Os restantes professores não manifestaram opinião sobre este item.

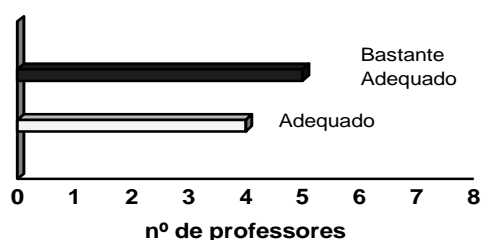
4.4 Avaliação/validação do Workshop

Na fase final do Workshop foi entregue a cada professor participante uma ficha de avaliação do Workshop (anexo IV.7) que tinha como finalidade recolher as opiniões dos professores avaliadores sobre a forma como decorreu o encontro, mais concretamente, ter a percepção da opinião dos professores quanto à organização do encontro, ao interesse que poderá ter tido para a actividade lectiva, se correspondeu ou não às expectativas, quais as actividades que mais apreciaram, etc. Esta ficha foi também a forma que encontrámos para validar o próprio processo de recolha de dados (anteriormente apresentada).

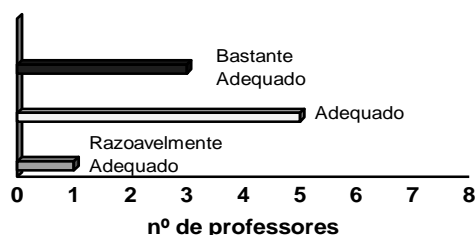
A ficha de avaliação, intitulada Avaliação do Workshop, consistiu num questionário de resposta fechada, em que os avaliadores para responder à questão tinham de atribuir um nível.

Nas próximas páginas é possível observar, sob a forma de gráfico, os resultados (síntese das respostas), ao referido questionário. Em cada gráfico é apresentada a questão que consta do questionário e o respectivo nível de apreciação atribuído, em função do número de professores que respondeu.

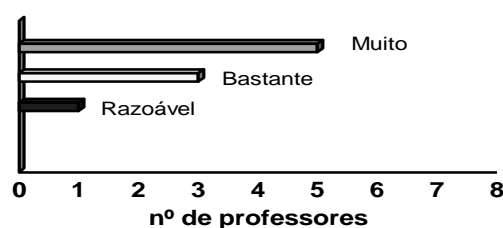
1. Relativamente à organização:
- Considera que o formato escolhido foi:



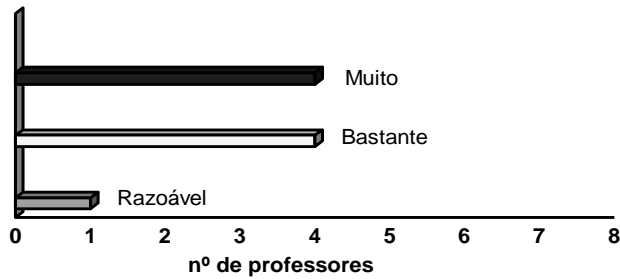
- O Tempo de realização do workshop foi:



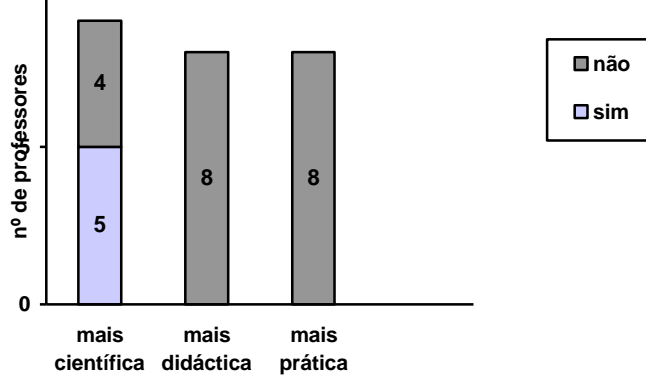
2. Houve oportunidade de adquirir conhecimentos úteis para a sua actividade pedagógica:



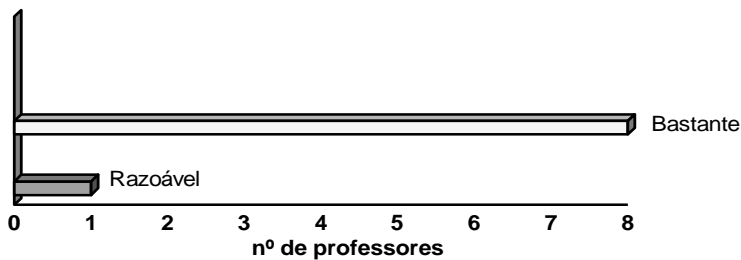
3. Achou que os assuntos abordados no workshop apresentam interesse para o ensino-aprendizagem dos conteúdos do programa do 11º ano de Física:



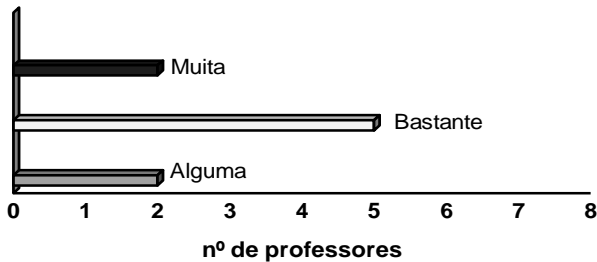
4. Acha que o Workshop deveria ter focado assuntos de natureza:



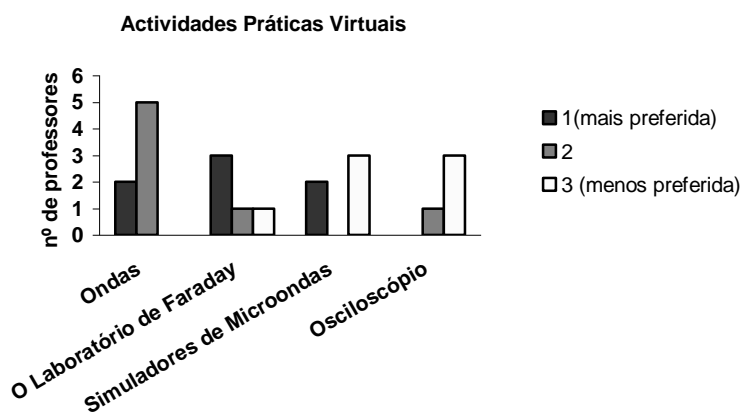
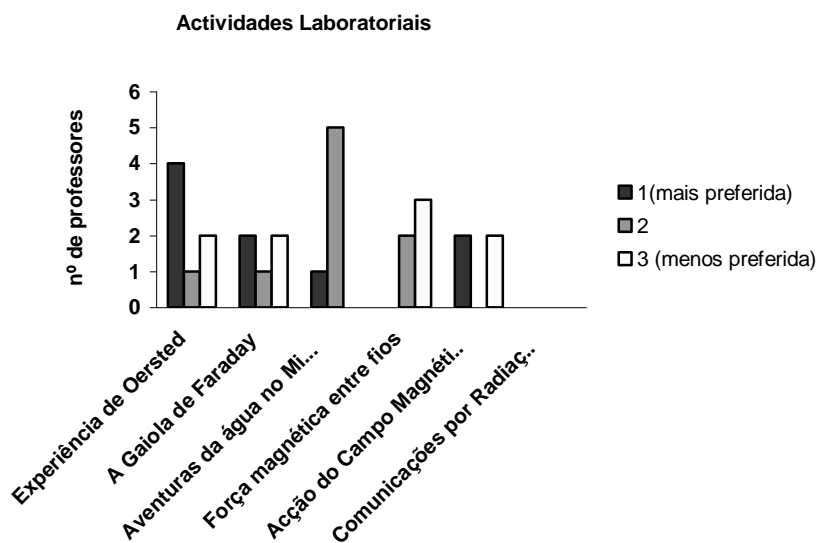
5. Os materiais explorados foram ao encontro das expectativas:



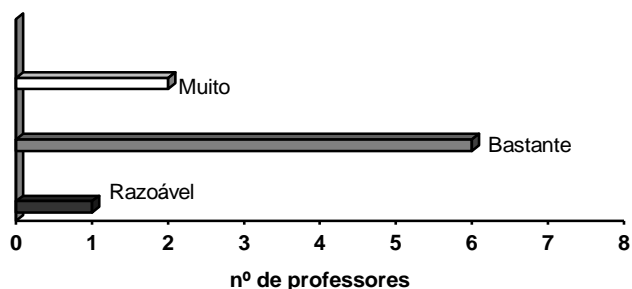
6. As actividades realizadas transmitiram-lhe vontade de as executar nas aulas:



7. Das actividades realizadas ordene as três (por grau de preferência 1-mais preferida à 3-menos preferida), que mais lhe causaram interesse:



8. Em que medida os objectivos do Workshop foram atingidos



Da análise dos dados constantes dos gráficos anteriormente apresentados verifica-se que o formato utilizado para o workshop e o tempo de realização foram considerados *Adequados* ou mesmo *Bastante adequados* por todos os participantes. A maioria dos participantes considerou ter adquirido *Bastantes* ou mesmo *Muitos* conhecimentos úteis para a sua actividade pedagógica.

Capítulo V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Introdução

De acordo com o referido no primeiro capítulo, a importância crescente que tem vindo a ser atribuída à formação científica dos jovens para que estes possam atingir níveis de literacia científica e tecnológica mais satisfatórios favoreceu o aparecimento, o desenvolvimento e a consolidação de perspectivas CTS no ensino-aprendizagem das ciências.

Os conhecimentos científicos e suas aplicações tecnológicas reflectem-se na vida das pessoas; como tal torna-se urgente que nas sociedades democráticas os jovens actuem como cidadãos informados, capazes de tomar decisões de uma forma responsável e que alguns destes optem por prosseguir carreiras nesta área de forma a dar continuidade aos desenvolvimentos já atingidos.

A utilização de estratégias CTS no ensino-aprendizagem das ciências afigura-se como uma via para atingir os objectivos referidos anteriormente.

Por outro lado, é preciso ter também em mente que tal atitude passa muito e, talvez principalmente, pelos professores, como refere Acevedo Dias (2004): uma educação científica destinada a conseguir uma alfabetização científica e tecnológica de todas as pessoas deve necessariamente prestar atenção a novas finalidades educativas, concretamente, deve orientar-se de modo a contribuir para uma educação para a cidadania.

Não convém, também, esquecer que novas finalidades exigem sempre novos conteúdos, novos métodos de ensino e formas de avaliação. Tais factos devem ter uma repercussão correspondente na formação inicial dos professores de ciências e posteriormente no exercício da profissão de docente.

O estudo que aqui se apresenta baseou-se em princípios que foram construídos a partir das reflexões anteriores.

São, principalmente, de referir os seguintes:

- *No ensino da ciência e particularmente no ensino da Física, a utilização de contextos familiares aos alunos é motivadora de aprendizagens e contribui para a formação de cidadãos cientificamente esclarecidos.*
- *A concepção e execução de propostas de ensino no quadro CTS, é promotora de aprendizagens não só no domínio conceptual como também do tecnológico e social;*

Com base nestes pressupostos definiu-se o problema em estudo sob a forma de objectivo geral que consistiu em Conceber Estratégias CTS de Sala de Aula para o Ensino Secundário, no âmbito do Ensino da Física.

5.1.1 Síntese

Neste capítulo pretende-se:

- ✓ *Fundamentar a importância do presente estudo analisando os seus contributos e referindo os seus destinatários (secção 5.2);*
- ✓ *Apresentar conclusões tendo em conta os objectivos inicialmente definidos e apresentados no capítulo 1 (secção 5.3);*
- ✓ *Apresentar as limitações do estudo (secção 5.4);*
- ✓ *Apresentar sugestões para futuras investigações (secção 5.5).*

5.2 A importância do estudo

Em Portugal, os programas vigentes da disciplina de Ciências Físico-Químicas do Ensino Secundário apontam finalidades e objectivos gerais em consonância com perspectivas CTS, que acabam por não estar largamente reflectidas nas unidades temáticas definidas.

Foi considerando este facto e o escasso número de propostas de orientação CTS existente para o ensino da Física no ensino secundário, que se desenvolveu o presente estudo. Pretendemos deste modo dar um pequeno contributo para a transformação desta situação.

No entanto, mais do que uma proposta didáctica, este é um projecto de desenvolvimento curricular, pois partindo dos programas vigentes sistematiza orientações para o ensino da Física, principalmente, da vertente prática e explícita os modos de as alcançar, daí que se possam considerar como destinatários deste estudo os seguintes:

- ✗ Responsáveis pela constituição e verificação dos programas curriculares;
- ✗ Professores, que devem saber conceber e utilizar estratégias que valorizem as dimensões CTS, de modo a tornar os conteúdos escolares de ciências compreensíveis e úteis para os alunos;
- ✗ Autores de manuais escolares, que utilizam os programas como referência para o desenvolvimento de materiais escolares que servem de apoio ao processo ensino-aprendizagem.

Considerou-se que o tema Radiações Não Ionizantes é um tema CTS com grande actualidade e impacto na sociedade actual.

São frequentes as notícias veiculadas pelos meios de comunicação sobre esta temática: “problemas da poluição electromagnética”, “doenças associadas às radiações”, “segurança no uso dos telemóveis”, “perigo pela proximidade das linhas de alta tensão e das antenas de telecomunicações”.

A capacidade de escolher o que queremos, ou não, e a forma como essas escolhas podem afectar a nossa vida e saúde é uma *ferramenta* a que todos devemos ter acesso, numa perspectiva de educação para a cidadania.

5.3 Conclusões

Considerando os argumentos, referidos na secção anterior, foram desenvolvidos materiais didácticos utilizando abordagens CTS centrados sobre o tema Radiações Não Ionizantes. Estes recursos foram concebidos de modo a serem implementados aulas de Física do 11º ano de escolaridade.

Na próxima secção (secção 5.3.1) discute-se a importância do ensino das ciências para a compreensão pública das ciências. Partindo de alguns dos resultados, apresentados no capítulo IV, apresenta-se uma conclusão mais abrangente referente ao objectivo geral do estudo (secção 1.6).

5.3.1 Importância do ensino das ciências para a compreensão pública da ciência

O meio social em que nos inserimos determina uma preparação científica que deverá ser iniciada no Ensino Básico e aprofundada no Ensino Secundário, no entanto, apenas alguns alunos cumprem esta indicação.

Como já referimos, a crescente importância do conhecimento científico exige nos dias de hoje, homens e mulheres esclarecidos cientificamente de modo a que possam entender e participar em debates científicos e acompanhar as questões colocadas pela ciência e tecnologia.

Devido a este facto apela-se frequentemente a uma compreensão pública da ciência, que deverá incluir não só o conhecimento e compreensão dos conceitos científicos, como também dos seus métodos e limitações e uma apreciação das suas implicações práticas e sociais.

Devemos ter sempre presente que a tendência do progresso actual depende cada vez mais de uma adequada relação entre a ciência, tecnologia e a indústria. É por isso necessário que a indústria esteja atenta às inovações no campo da ciência e da tecnologia para que possa reconhecer o seu valor e aceitar as oportunidades que estas lhes oferecem.

Hoje em dia como sabemos, a opinião pública tem grande influência no processo de tomada de decisões torna-se necessário que cada cidadão reconheça e compreenda os aspectos científicos das questões públicas, não tanto porque um conhecimento mais alargado dos aspectos científicos de um determinado assunto implique a concordância sobre a resposta adequada, mas porque deste modo será possível tomar decisões baseadas num conjunto mais alargado de informações.

Nos dias de hoje verifica-se, frequentemente, que o ser humano é estimulado como consumidor a fazer opções com base em informações veiculadas pelos media, informações essas nem sempre rigorosas. Deste modo, ao nível pessoal, um conhecimento da *ciência* poderá facilitar, também, algumas das decisões pessoais.

Sintetizando alguns dos argumentos a favor de uma compreensão pública da ciência, pode referir-se que a sua importância se baseia na necessidade de:

- ✦ Conhecer, valorizar e usar a tecnologia na vida pessoal;
- ✦ Utilizar o conhecimento científico de forma a tomar decisões individuais e sociais;
- ✦ Reconhecer as vantagens e as limitações da ciência e a da tecnologia;
- ✦ Desenvolver competências e atitudes que permitam ao ser humano adaptar-se a um mundo em transformação.

Portanto, é hoje assumido e defendido que os jovens têm de aprender a relacionar-se com a natureza do conhecimento científico, com as diversas descobertas científicas e suas aplicações, bem como com as suas aplicações sociais (ME, 2001).

Assim no Ensino Básico e Secundário devem definir-se um conjunto de situações de ensino-aprendizagem que desenvolvam nos estudantes uma série de competências de modo a que estes fiquem preparados para a vida em sociedade com finalidades e objectivos próprios.

Neste sentido, as abordagens CTS são uma via para um ensino das ciências que se quer diferente e adequado à realidade actual visando as necessidades do amanhã.

5.3.2 Avaliação final

No capítulo IV apresentaram-se e analisaram-se os dados recolhidos provenientes da implementação das estratégias (realização das Actividades Práticas) e das opiniões dos professores sobre as estratégias adoptadas.

Verificou-se que, de uma forma geral, a validação das Actividades foi conseguida na medida em que os professores avaliadores:

- ✓ realizaram algumas das actividades experimentais propostas;
- ✓ foram incentivados a questionar e a aplicar os seus conhecimentos;
- ✓ desenvolveram actividades em equipa e individualmente;
- ✓ foram confrontados com tarefas como sugerir hipóteses, interpretar dados, analisar informação e argumentar com base em experiências e factos conhecidos;

Estas e outras tarefas são objectivo dos trabalhos práticos e de pesquisa, conseqüentemente, os alunos aos quais se destinam estas actividades, poderão também, à semelhança dos professores, desenvolver competências nestes domínios.

Relativamente às opiniões dos professores, sobre a globalidade das estratégias desenvolvidas, demonstram que os mesmos se sentiram motivados na realização das Actividades e que as reconheceram como pertinentes e adequadas.

Da análise das respostas dos professores avaliadores à ficha de *Avaliação das Actividades Práticas – I*, que incidia principalmente sobre a análise dos trabalhos práticos desenvolvidos no que respeita a adequabilidade/ complexidade/ organização, entre outros e ainda conhecer a opinião dos professores avaliadores relativamente à pertinência das actividades – os dados recolhidos evidenciaram-se as seguintes conclusões:

- ✦ *a maioria dos professores consideraram as **Actividades desenvolvidas bastante, ou mesmo muito, realizáveis pelos alunos**, com um grau variável de participação no seu desenho e execução e ainda que os textos apresentavam-se compreensíveis, adequados, pertinentes e úteis.*
- ✦ *a **definição/explicação da(s) questão(ões) - problema(s)** deve ser, segundo os professores avaliadores, a **principal acção de um professor** quando pretende orientar, os seus alunos na realização de um trabalho prático do tipo Laboratorial. A elaboração cuidada do protocolo é também considerada um acto importante, especialmente, no que respeita ao trabalho prático do tipo Virtual.*
- ✦ *os professores avaliadores referiram a **falta de material, o elevado número de alunos por turma, a avaliação em sala de aula e a extensão dos programas** como as **principais dificuldades que surgem na implementação de trabalhos práticos** do tipo Laboratorial. Relativamente aos trabalhos práticos do tipo Virtual referiram factos como, a **inexistência de computadores nas salas de aula/laboratórios** (em número suficiente e, principalmente, com ligação à Internet), a **dificuldade de controlar a pesquisa efectuada pelos alunos** e o **elevado número de alunos por turma/turno** como os **principais impedimentos à realização de actividades** deste género.*
- ✦ ***para ultrapassar as referidas dificuldades/ impedimentos** os professores avaliadores sugerem acções como a **redução de alunos por turma, e o equipamento adequado das escolas assim como a formação de professores.***

Relativamente à ficha de *Avaliação das Actividades Práticas – II*, que se destinou a ser preenchida individualmente por cada professor avaliador, e que tinha por objectivos *conhecer a opinião dos professores avaliadores sobre a adequabilidade das actividades propostas para a abordagem do tema Comunicações (do actual programa de Física 11º ano de escolaridade)* e ainda *avaliar o grau de exequibilidade das actividades propostas*, evidenciamos as seguintes conclusões:

- ✦ *as actividades são úteis para, no tema “Comunicações... a longas distâncias”, abordar a noção de radiação electromagnética e suas propriedades e no tema “Comunicações... a curtas distâncias”, as actividades permitem discutir assuntos relacionados com as propriedades do campo eléctrico, magnético e indução electromagnética;*
- ✦ *alguns conceitos envolvidos são abstractos e não são de fácil entendimento por parte dos alunos a que se destinam (faixa etária dos 16/17 anos) e, por esse motivo, não é possível aprofundar alguns dos conceitos, implícitos nos fenómenos físicos observados, nomeadamente, as Actividades que envolvem forças e campos magnéticos;*
- ✦ *as actividades propostas, de um modo geral, não envolvem riscos. Naquelas Actividades em que, eventualmente, existam alguns riscos os mesmos podem ser minimizados desde que devidamente orientados pelos professores;*
- ✦ *as actividades ajudam a clarificar alguns conceitos físicos e a desenvolver o espírito crítico nos alunos;*

Quanto aos objectivos do estudo considera-se que estes foram alcançados e que este tipo de propostas corrobora com os pressupostos de partida, na medida em que os materiais concebidos reflectem globalmente abordagens CTS – foram orientados de modo a desenvolver nos alunos competências de valor pessoal e social – não descurando, apesar disso, o desenvolvimento de competências no domínio científico.

Relativamente ao processo de validação do estudo consideramos que o modelo adoptado embora não sendo a opção mais evidente (face ao tipo de estratégias concebidas) foi bastante compensador em termos de resultados. A riqueza de conclusões obtidas e a troca de experiências envolvida leva-nos a pensar que cada vez mais o trabalho nas escolas entre professores deverá ser cooperativo não só em termos de planificação de tarefas a médio e longo prazo mas também em termos de unidades temáticas aula a aula. Salientamos ainda que, foram feitas algumas sugestões relativamente aos materiais elaborados e analisados (a maioria relacionadas com a clareza dos textos e enunciados), procedemos de imediato, e na medida do possível, à sua adequação.

É de referir ainda que, os recursos didácticos são elementos essenciais para a organização do ensino das ciências e condicionantes da aprendizagem (Martins, 2002). Como é sabido os materiais didácticos que os professores dispõem determinam grandemente o que estes fazem nas aulas (por norma o manual escolar), e os recursos com abordagens de orientação CTS ainda não é prática comum na maioria dos manuais disponíveis principalmente

ao nível do ensino secundário. A área dos recursos didácticos é talvez a menos explorada em termos de investigação didáctica (Martins, 2002). Por isso se os professores querem inovar e avançar para propostas mais produtivas e renovadoras deverão construir os seus próprios materiais didácticos sugeridos pelo meio que os envolve. A construção de recursos é um processo de grande exigência mas também é um acto de enriquecimento e formação pessoal e profissional (Teixeira, 2003).

Temos, apesar de tudo, consciência que muitos dos professores actuais não tiveram uma formação com orientação CTS e que muitos deles desconhecem essa vertente no ensino, quer nos processos que aconselha quer nos resultados que permite alcançar. Concordamos com Martins (2002), quando afirma que embora as actuais Orientações Curriculares apontem no sentido do ensino CTS a verdade é que os professores se não conhecem os fundamentos de tal orientação, não podem introduzir as modificações metodológicas necessárias à sua concretização. Introduzir inovação naquilo que são práticas correntes, nalguns casos de vários anos, exige formação e dedicação.

5.4 Implicações para o ensino da Ciência/ Física

A partir das conclusões assinaladas e da fundamentação da importância do presente estudo, podem discutir-se implicações do trabalho desenvolvido a vários níveis: ao nível das estratégias a serem utilizadas pelos professores nas práticas curriculares, ao nível dos documentos oficiais (currículos e programas de ciências) bem como da formação contínua de professores de Física do ensino secundário.

O estudo desenvolvido mostra que apesar do programa oficial de Física do Ensino Secundário e, particularmente da componente de Física do 11º ano, não referir de modo explícito como desenvolver unidades de cariz CTS, particularmente, como analisar as dimensões sociais e tecnológicas no ensino-aprendizagem da Física, foi possível desenvolver actividades com orientações CTS enfatizando uma das finalidades expressa no programa actualmente em vigor: contribuir para a reflexão sobre a inter-relação Ciência-Tecnologia-Sociedade e para o reconhecimento da Física e da Química como ramos do conhecimento. De facto, o conjunto de materiais didácticos que resultou do presente estudo e, que passa a estar disponível para consulta e uso dos professores, poderá funcionar como estímulo à implementação no Ensino da Física, particularmente, na unidade temática *Comunicações* do 11º ano.

Por outro lado, a constituição dos materiais apresentados poderá servir de apoio e incentivo a outros investigadores que queiram construir recursos didácticos com orientações CTS.

5.5 Limitações do estudo

O estudo desenvolvido foi de natureza qualitativa uma vez que abordou uma situação particular, um tema em concreto, e não é possível, conseqüentemente, generalizar os resultados obtidos.

No que respeita aos resultados obtidos e à sua avaliação, embora sejam interessantes, é impossível encontrar uma avaliação tanto quanto possível objectiva e independente da interferência da investigadora. A concepção dos recursos didácticos, necessários à implementação da unidade temática *Comunicações*, apresenta limitações e para garantir a sua fidelidade e validade externa foi pedida a colaboração de agentes externos para avaliar a adequabilidade dos mesmos relativamente aos fins a que se destinavam.

Assim, devem ser consideradas limitações de carácter investigacional relacionadas com a própria filosofia da investigação e limitações de carácter operacional que se prendem com as opções metodológicas seguidas.

Relativamente às limitações de carácter operacional, relacionadas com as opções metodológicas tomadas, considerámos:

- × o processo de validação dos materiais didácticos;
- × o âmbito de aplicação das Actividades concebidas.

Relativamente ao processo de validação, não foi feito, como inicialmente ambicionávamos, com alunos dadas as condicionantes de vária ordem, já referidas na secção 4.1. Por exemplo de ordem temporal, o projecto poderia ser iniciado numa escola e, devido à situação profissional provisória da mestranda, poderia não poder ter continuidade ou conclusão no ano lectivo seguinte.

Por outro lado, os questionários, enquanto instrumentos de recolha de dados levantam algumas limitações que poderão ser minimizadas se for feito um apelo à sinceridade das respostas através da promessa de anonimato e para além disso houver a preocupação relativa à extensão dos questionários e à natureza das questões para que os inquiridos não se sintam desmotivados na realização da tarefa, cuidados que foram, dentro das possibilidades, tidos em conta. Quanto à interpretação dos dados recolhidos não se conseguem eliminar influências provenientes da perspectiva da investigadora.

No que respeita à aplicação das Actividades concebidas, a limitação prende-se com o facto de o tema, ao qual as Actividades se referem, ser apenas parte do programa da componente de Física do 11º ano e, por esse motivo, não ser possível avaliar todos os objectos de ensino relacionados com os conceitos científicos abordados (grande parte terá continuidade e desenvolvimento no 12º ano).

Provavelmente este facto é uma das causas da ideia transmitida por alguns avaliadores de que alguns assuntos/conceitos científicos seriam abordados com um ligeiro grau de aprofundamento. Em actividades de orientação CTS prevê-se que os objectos de ensino, nomeadamente os do domínio científico, sejam revisitados várias vezes e abordados na profundidade necessária à compreensão das problemáticas em estudo (Teixeira, 2003).

5.6 Sugestões para futuros trabalhos

O estudo que aqui se apresenta constitui uma proposta de desenvolvimento curricular para o programa vigente da disciplina de Física e Química A do 11º ano de escolaridade (particularmente da componente de Física). Com esse intuito foram concebidas abordagens CTS para o tema *Comunicações* do referido programa.

Nesta fase de reflexão sobre o estudo e sobre a sua própria avaliação impõe-se a apresentação de propostas para futuras investigações.

Escolheu-se para o tema *Comunicações* as Radiações Electromagnéticas Não Ionizantes dada a sua estreita relação com o assunto, no entanto, poderiam sem dúvida ter sido seleccionados outras abordagens ou, outros temas do mesmo programa, ou ainda, outros temas de programas de outros níveis de escolaridade. Identificar outros temas susceptíveis de serem abordados com este tipo de orientação ao nível do ensino secundário seria uma questão relevante. Para dar resposta à referida questão seria imprescindível conhecer os interesses de alunos e professores relativamente a temáticas com relevância tecnológica, social e ambiental.

Tal como já referimos anteriormente a proposta que aqui se apresenta foi validada por um conjunto de professores avaliadores, não sendo, no entanto, validada por alunos em contexto de aula, o que é como referimos uma limitação do estudo. A sua validação em contexto real seria seguramente um domínio interessante de investigação.

Como também já fizemos referência num estudo deste tipo, que pretende a implementação de estratégias de orientação CTS, o papel do professor é predominante. Assim, decorrente do estudo desenvolvido e das suas limitações, uma via possível para a validação do

trabalho desenvolvido seria compreender como é que diferentes professores utilizariam os materiais produzidos com esta filosofia. Na implementação de estratégias de orientação CTS será importante que os professores adaptem as suas práticas às necessidades da sociedade actual, daí que a formação inicial e contínua de professores seja decisiva e indispensável para mobilizar os professores para a prática de um ensino de orientação CTS, esta é uma questão para a qual é importante e urgente encontrar resposta.

Outra potencial área de investigação situa-se ao nível da produção e avaliação de recursos didácticos pois a falta destes é referida por muitos professores como um factor de desmotivação na implementação de estratégias CTS. Como refere Martins (2002), o ensino das ciências de orientação CTS necessita de recursos didácticos consentâneos com as questões sociais do momento, pelo que se tal for conseguido, tais recursos poderão tornar-se um veículo de actualização dos próprios programas.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, J.A (1997). Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 10, 269-275.
- Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16. Internet: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen1/Numero_1_1/Educa_cient_ciudadania.pdf
- Acevedo, J.A., Vázquez, A. Y Manassero, M.A. (2002). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*. Internet: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo13.htm>.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A. Y Manassero, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), artículo 1. Internet: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- Adair R.K. (1994). Constraints of thermal noise on the effects of weak 60-Hz magnetic fields acting on biologic magnetite. *Proc Natl Acad Sci USA* 91:2925–2929.
- Aikenhead, G.S. (2003). STS Education: A Rose by Any Other Name. En R. Cross (Ed.): *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham*, pp. 59-75. New York: Routledge Falmer. Internet: <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>.
- Ambrósio, T. (1999). Investigar, Formar, Inovar. In Tavares, J. et al (coord.), *Investigar e Formar*, 1ºvolume, Porto: Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação, 17-26.
- ANACOM, Autoridade Nacional de Comunicações (2005). *Questões Associadas à Instalação de Antenas /Estações de Radiocomunicações*. Internet: <http://www.icp.pt/template12.jsp?categoryId=31368>
- Anttila K. (2000). Mycotoxins, fungus and 'electrohypersensitivity'. *Med Hypotheses* 55:3:208-214.
- Bardasano J.L., Elorrieta J. I. (2000). *Bioelectromagnetismo. Ciencia y Salud*. Serie McGraw-Hill de divulgación científica. Madrid: MacGraw-Hill.
- Barham P. (2000). *The Science of Cooking*. Springer-Verlag. Internet: <http://howthingswork.virginia.edu>. Disponível em português em, *Aventuras da água no Microondas*. Ciência Viva. Internet: <http://www.cienciaviva.pt/docs/AventurasAguaMicroOndas.pdf>
- Bauer W. (1999). *Applet: Spectrum*. Internet: <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/Spectrum/s.htm>

- Bergqvist U., Vogel E. (1997). Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields. A report prepared by a European group of experts for the European Commission, DGV. Arbete och Halsa, 1997:19, Swedish National Institute for Working Life, Stockholm, Sweden. Internet: <http://www2.niwl.se/forlag/en/>
- Bybee, R. W. (1993). *Reforming Science Education – Social Perspectives & Personal Reflections*. Columbia University, New York and London: Teachers College Press.
- Bybee, R.W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann
- Cachapuz, A. (org.) (2000). Perspectivas de Ensino. *Colecção Formação de Professores Ciências, n.º1*. Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciências.
- Cachapuz, A. F., Praia, J. F. e Jorge, M. P. (2000). Perspectivas de Ensino das Ciências. In Cachapuz, A. F. (org.) *Formação de Professores de Ciências, Textos de Apoio nº1*, Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência (CEEC), 45-74.
- Carpena, J., Lopesino, C. (2001). Que contenidos CTS podemos incorporar a la enseñanza de las ciencias?. *Alambique*, nº29, pp. 34-42.
- CENELEC Comité Europeu de Normalização Electrotécnica (2001). Normas europeias ENV 50166-1 "Exposição dos seres humanos aos campos electromagnéticos de baixa frequência (0 Hz-10 kHz)" e ENV 50166-2 "Gamas de frequência entre 10 kHz e 300 GHz". Página oficial na internet: <http://www.cenelec.org/Cenelec/Homepage.htm>.
- Chan, K.H. *et al.* (2004). Experimental Study of the SAR Characteristics of Mobile Phones. *Microwave and optical thecnology letters*. Vol. 40, nº1, pp. 22-23.
- Ciência Viva (2002). Aventuras da água no Microondas. *A Cozinha é um laboratório*. Internet: <http://www.cienciaviva.pt/docs/AventurasAguaMicroOndas.pdf>
- Ciência Viva (2003). Projecto "Os alunos do 8º ano também fazem Ciência!". Internet: http://oficina.cienciaviva.pt/~pv0625/Experiencia_Oersted.htm
- COMAR Committee on Man and Radiation (2000). Consideraciones sobre la seguridad de las estaciones base de telefonía móvil. Internet: http://ewh.ieee.org/soc/embs/comar/exposicion_estaciones_base.htm
- COMAR (2002). Technical Information Statement: Electromagnetic Hypersensitivity. *IEEE Eng. Med. Biol. Sept/Oct 173-175, 2002*. <http://ewh.ieee.org/soc/embs/comar/Hypersensitivity.htm>

- Conselho da União Europeia (1999). *Recomendação do Conselho de 12 de Julho de 1999, relativa à exposição da população aos campos electromagnéticos (0 Hz – 300 GHz*. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L199/59, (1999/519/CE). Internet: <http://www.icp.pt/template12.jsp?categoryId=31368>
- Correia, A. S. (1999). Uma Educação para o século XXI - algumas reflexões. In Tavares, J. et al. *Investigar e Formar*, 1^ovol. Porto: Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação, 239-244.
- D'Andrea, J.A. (et al). (2003). Microwave Effects on the Nervous System. *Bioelectromagnetics Supplement*. Vol. 6, 107-147.
- Dasdag, S. et al (2003). Whole Body Exposure of Rats to Microwave Emitted From a Cell Phone Does Not Affect the Testes. *Bioelectromagnetics*, 24:182-188.
- DECO (2005). As linhas de alta tensão são prejudiciais para a minha saúde? S.O.S. *Consumidor: Serviços de interesse geral*. Internet: <http://www.edideco.pt/default.aspx?show=31801&nodeid=377191&parentid=386641&subparentid=386621>
- DGS Direcção-Geral da Saúde (2004). Sistemas de Comunicações Móveis – Efeitos na Saúde Humana. Circular Informativa Nº 68/DSA. Divisão de Saúde Ambiental. Internet: <http://www.dgsaude.pt/upload/membro.id/ficheiros/i006668.pdf>
- Dourado, L. (2001). *Trabalho Prático (TP), Trabalho Laboratorial (TL), Trabalho de Campo (TC) e Trabalho Experimental (TE) no Ensino das Ciências - contributo para uma clarificação de termos*. In, Ministério da Educação (2001). *(Re)pensar o Ensino das Ciências. Ensino Experimental das Ciências*. Lisboa: Departamento do Ensino Secundário. Internet: http://www.ciencias-exp-no-sec.org/documentos/publicacoes_repensar.pdf
- Elder J.A., Cahill D.F. (1984). Biological effects of radiofrequency radiation. Report EPA-600/8-83-026F, Health Effects Research Laboratory, Office of Research and Development, USEPA, Research Triangle Park, NC 27711.
- EMFRAPID Electric and Magnetic Fields Research and Public Information Dissemination. Report on Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields (1999). NIEHS National Institute of Environmental Health Sciences. Internet: http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/html/EMF_DIR_RPT/Refer18f.htm
- EMFRAPID Electric and Magnetic Fields Research and Public Information Dissemination. Chapter 2 Occurrence and Measurement of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields. Assessment of Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields. Internet: <http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/html/WGReport/Chapter2.html>

EPA, Environmental Protection Agency, U.S. (2006). *Understanding Radiation*. Radiation Topics. Internet: http://www.epa.gov/radiation/understand/ionize_nonionize.htm

EUROPA European Commission. *Electromagnetic fields*. Health & Environment. DG Health and Consumer Protection. Public Health. Internet: http://europa.eu.int/comm/health/ph_determinants/environment/EMF/emf_en.htm

Falstad P. (2005). Ripple Tank (2-D Waves) Applet. *Paul's Physics Applets. PIRA Webring*. Internet: <http://www.falstad.com/ripple/>

FCC Federal Communications Commission (2006a). *Information on Human Exposure to Radiofrequency Fields from Cellular and PCS Radio Transmitters*. Radio Frequency Safety. Internet: <http://www.fcc.gov/oet/rfsafety/>

FCC Federal Communications Commission (2006b). *Cellular Phone - For Consumers*. Internet: <http://www.fcc.gov/cgb/consumers.html>

FDA Food and Drugs Administration/ FCC Federal Communications Commission. *Cell Phone Facts: Consumer Information on Wireless Phones*. Internet: <http://www.fda.gov/cellphones/>.

FDA Food and Drugs Administration. *Microwave Oven Radiation*. Center for Devices and Radiological Health. CDRH Consumer Information. Internet: <http://www.fda.gov/cdrh/consumer/microwave.html>

France Telecom (2005). Animations pédagogiques. Le Groupe. Internet: <http://www.francetelecom.com/fr/groupe/initiatives/savoirplus/anim/index.html>

Frey A.H. (1998). Headaches from cellular telephones: Are they real and what are the implications? *Environ Health Perspect* 106:101-103.

Fu-Kwun Hwang (2005). *Physics simulations*. NTNU JAVA Virtual Physics Laboratory. Internet: <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/>

Gallagher, J.J. (1971). A broader base for science education. *Science Education*, 55, 329-338.

Harrison D. M. (2004). *Flash Animations for Physics*. Dept. of Physics, University of Toronto. Internet: <http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/Optics/Refraction/Refraction.html>

Health Protection Agency, UK (2006). *Understanding Radiation*. Internet: <http://www.hpa.org.uk/radiation/default.htm>

- Hietanen M. et al (2002). Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: No causal link. *Bioelectromagnetics*, 23:264-270.
- Hocking B. (1998). Preliminary report: Symptoms associated with mobile phone use. *Occup Med* 48:357-360.
- Hodson, D. (1988). Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 53-66.
- Hodson, D. (1992). Redefining and reorienting practical work in school science. *School Science Review*, 73(264), 65-78.
- Hossmann, K.A., Hermann, D.M. (2003). Effects of Electromagnetic Radiation of Mobile Phones on the Central Nervous System. *Bioelectromagnetics*. 24:49-62.
- ICNIRP International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics* 74:494-522, 1998. Internet: <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>
- IEEE C95.1-1999, Safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields: 3 kHz to 300 GHz, IEEE standard, 1999.
- IEGMP Independent Expert Group on Mobile Phones. The Stewart Report. Internet: <http://www.iegmp.org.uk/report/index.htm>
- Kendel, E. R.; Schwartz, J. H.; Jessell, T. M. (2000). *Principles of Neural Science*. 4th ed. 20-85. McGraw-Hill, New York.
- Manaia, M. A. M. S. (2001). *Aditivos Alimentares – Um estudo de orientação CTS no ensino/aprendizagem da Química no 8ºano de escolaridade*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física e Química. Universidade de Aveiro.
- Martín-Gordillo, M. (2003). Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), artigo 10. Internet: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- Martins, A., Malaquias, I., Martins, D.R. et al. (2002). *Livro Branco da Física e da Química*. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Física, Sociedade Portuguesa de Química.

- Martins, I. P. (2002a). Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1,1. Internet: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Numero1/Art2.pdf>
- Martins, I. P. (2002b). Educação e Educação em Ciências. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Membriela, P. (1997). Una revisión del movimiento educativo ciencia-tecnología-sociedad. *Enseñanza de Las Ciencias*, 15 (1), 51-57.
- Metelo de Nápoles, A., Branco, M. C. (2001). *Técnicas Laboratoriais de Biologia – Bloco III* (4ª edição). Lisboa: Didáctica Editora, 106-107.
- Microwave News. *Report on Non-Ionizing Radiation*. Internet: <http://www.microwavenews.com/index.html>
- ME (2001). *Física e Química A, 10º ou 11º anos Programa*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- ME (2003a). *Documento Orientador da Revisão Curricular Ensino Secundário*. Reforma do Ensino Secundário. Lisboa: Ministério da Educação.
- ME (2003b). *Física e Química A, 11º ano Programa*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- MIT TEAL/Studio Physics Project (2004). *Physics 8.02 Electricity and Magnetism*. Internet: <http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/index.html>
- MMF Mobile Manufacturers Forum (2004). *Informações Sobre SAR*. Dispositivos Sem Fio. Internet: <http://www.mmfai.org/public/sar.cfm?lang=pt>
- Molecular Expressions (2004a). Faraday's Magnetic Field Induction Experiment. *Electricity & Magnetism Interactive Java Tutorials*. Internet: <http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/index.html>
- Molecular Expressions (2004b). Magnetic Fields and Compass Orientation. *Electricity & Magnetism Interactive Java Tutorials*. Internet: <http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/compass/index.html>
- monIT (Monitorização de Radiação Electromagnética em Comunicações Móveis). Instituto de Telecomunicações. Internet: <http://www.lx.it.pt/monit/>

- Moulder, J.E. (2003). Antenas de Telefonía Celular (Estaciones Base de Telefonía Móvil) y Salud Humana. *Campos Electromagnéticos y Salud Humana*. Internet: <http://www.mcw.edu/gcrc/cop/telefonos-moviles-salud/toc.html>.
- Mühlen S. S. (2004). *Interferência e Compatibilidade Electromagnética*. Aulas de Instrumentação Biomédica: EMI EMC. Faculdade de Engenharia Eléctrica e de Computação. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Internet: <http://www.fee.unicamp.br/deb/>
- Museu de Física da Universidade de Coimbra (2005). Disco de Delezenne. Catálogo: O *Electromagnetismo*. Internet: <http://www1.fis.uc.pt/museu/147.htm>
- DEC.MEDIDA (2006). *Nevoeiro Electrónico*. Aplicações *Narda Safety Test Solutions*. Internet: <http://www.decmed.pt/downloads/nevoeiro/nevoeiros.htm>
- Nascimento E. (2005). Perigo rodeia mil alunos. *Correio da Manhã*. Internet: <http://www.correiomanha.pt/noticia.asp?id=176751&idCanal=10>
- Netto L. (2005). História da Rádio. *Tributo ao Padre Landell de Moura*. Internet: <http://members.tripod.com/rlandell/sciencestep.htm>
- NCRP National Council on Radiation Protection and Measurements (U.S.). *A practical guide to the determination of human exposure to radiofrequency fields*. NCRP Report No. 119. Bethesda, MD, National Council on Radiation Protection and Measurements (U.S.), 1993.
- Oftedal G. *et al.* (2000). Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occup Med* 50:237-245.
- OMS Organización Mundial de la Salud (1998). *Campos electromagnéticos y salud pública: propiedades físicas y efectos en los sistemas biológicos*. Nota descriptiva n° 182. Internet: http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/sfact/nd182.htm
- OMS Organización Mundial de la Salud (1999). *Qué son los campos electromagnéticos? Los campos electromagneticos (CEM)*. Internet: <http://www.who.int/peh-emf/about/es/>
- OMS Organização Mundial de Saúde (2000). *Campos Electromagnéticos*. Copenhaga: Centro Regional para a Europa, Administração Local, Saúde e Ambiente, Organização Mundial de Saúde, 24 pp.
- OMS Organización Mundial de la Salud (2000). *Campos electromagnéticos y salud pública: los teléfonos móviles y sus estaciones de base*. Nota descriptiva n°193. Internet: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/index.html>

OMS Organização Mundial de Saúde (2002). *Estabelecendo um diálogo sobre riscos de campos electromagnéticos*. Publicações da Organização Mundial de Saúde. Internet: http://www.who.int/peh-emf/publications/Risk_Portuguese.pdf

OMS Organización Mundial de la Salud (2005a). *Campos electromagnéticos y salud pública: Hipersensibilidad Electromagnética*. Hoja Descriptiva nº 296. Internet: http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/ehs_fs_296_spanish.pdf

OMS Organización Mundial de la Salud (2005b). *Campos electromagnéticos y salud pública: Hornos microondas*. Hoja informativa. Internet: http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/info_microwaves/es/index.html

PhET Physics Education Technology (2006). *Interactive simulations of physical phenomena*. Department of Physics, University of Colorado. Internet: <http://www.colorado.edu/physics/phet/web-pages/index.html>

PortugalDiário (2005). *Jornal de informação geral online*. Internet: <http://www.portugaldiario.iol.pt/>

Pro, A. (2000). *Actividades de laboratorio y enseñanza de contenidos procedimentales*. In Sequeira M. et al. (Orgs). *Trabalho prático e experimental na educação em ciências*. Braga: Universidade do Minho, 109-124.

Pro, A. (2001). Que estruturas conceptuales de física debe aprender el alumno de secundaria com la contrarreforma. *Alambique*, nº28, pp. 9-21.

Quivy, R., Campenhoudt, L. V. (1992). *Manual de investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva.

Reis, P. (2003). *Poluição Electromagnética*. Electromagnetismo. Internet: <http://electromagnetismo.com.sapo.pt/poluição.htm>

RF Safe's (2006). RFSAFE.COM. Internet: <http://www.rfsafe.com/index.php>

REN Rede Eléctrica Nacional (2005). *Regras de Segurança junto a Instalações de Muito Alta Tensão e Alta Tensão*. Publicações Gerais. Publicações. Internet: <http://www.ren.pt/sections/publicacoes/it/default.asp>

Sánchez, G., Valcárcel, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 11, nº1, pp. 33-34.

Sandstrom, M. et al (2001). Mobile phone use and subjective symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. *Occup Med* 51:1:25-35.

- SARVALUES. *The Facts and Figures on Cellular Phone Radiation*. Internet:
<http://www.sarvalues.com/index.html>
- Sequeira, M. (1996). Educação e Cultura Científica – algumas reflexões sobre o ensino em Portugal. *Revista da Educação*, VI (1), 113-115.
- Serrano, M. C. L. R. (1996). *Formação de Professores de Ciências (Geologia e Química) e a Abordagem de Temas Multidisciplinares*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Shamos, M.H. (1993). STS: A Time for Caution. En R.E. Yager (Ed): *The Science, Technology, Society Movement*. Washington DC: NSTA.
- Silva, L. C. M. (2001). Espectro Electromagnético. *Sala de Física: Como Funciona*. Internet:
<http://br.geocities.com/saladefisica3/laboratorio/espectro/espectro.htm>
- Silva, L. C. M. (2002). Bússola Magnética. *Sala de Física: Como Funciona*. Internet:
<http://br.geocities.com/saladefisica7/funciona/bussola.htm>
- Sjøberg, S. (1997). Scientific literacy and school science. Arguments and second thoughts. Em E. Kallerud y S. Sjøberg (Eds.): *Science, technology and citizenship. The public understanding of science and technology in Science Education and research policy*, pp. 9-28. Oslo: Norwegian Institute for Studies in Research and Higher Education (NIFU). Internet:
<http://folk.uio.no/sveinsj/Literacy.html>.
- SPPCR Sociedade Portuguesa de Protecção Contra Radiações (2001). Radiação Não Ionizante. Internet: <http://www.sppcr.online.pt/>
- Solbes, J. e Vilches, A. (1997). STS Interactions and the Teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386.
- Snow, C.P. (1964). *The two cultures: And a second look*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción castellana (1987): *Las dos culturas*. Madrid: Alianza.
- Solomon, J. (2003). The UK and the movement for science, technology, and society (STS) education. En R. Cross (Ed.): *A Vision for Science Education: Responding to the Work of Peter J. Fensham*, pp. 76-90. New York: Routledge Falmer.
- TAPS Temas Actuais na Promoção da Saúde (2006). Zonas livres de microondas? *Meio Ambiente: Artigos*. Internet: <http://www.taps.org.br/Paginas/meiopoeletr01.html>

- Teixeira, D. S. P. M. (2003). *O Ensino da Química na perspectiva da Literacia Química – Recursos didácticos para o ensino básico*. Dissertação de Mestrado em Ensino da Física e Química. Universidade de Aveiro.
- Úbeda, A. et al. (2000). *Exposición Ocupacional a Campos Magnéticos de Frecuencia Industrial en Hospitales*. Radioprotección 25: 30-36 (2000). Abstract en: <http://www.hrc.es/bioelectro.html>
- Unaerp Virtual (2006). *Controle Nervoso Muscular* de Arthur Rizzi Soares. Estante Digital. Internet: <http://virtual.unaerp.br/servlets/Download?idContent=1439>
- UNICAMP Universidade Estadual de Campinas (2004). Fibra óptica. *Centro de Pesquisas em Óptica e Fotônica: Museu Virtual*. Internet: <http://www.ifi.unicamp.br/foton/site/port/intro.htm>
- Universidade Federal do Ceará (2005). Aplicações dos lasers no dia-a-dia. *Seara da Ciência*. Secções especiais (Física): *Lasers*. Internet: <http://www.seara.ufc.br/especiais/fisica/lasers/laser5.htm>
- Vargas, F., Úbeda, A. et al. (2001). *Campos Electromagnéticos Y Salud Pública*. Informe Técnico Elaborado por el Comité de Expertos. Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral. Ministerio de Sanidad y Consumo. Internet: http://www.mityc.es/NR/rdonlyres/387CE270-FEDB-4B22-9F79-CC95E920631F/0/infor_syc.pdf
- Vázquez, A. (1999). Innovando la enseñanza de las ciencias: El movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Revista del Collegi Oficial de Doctors i Llicenciats de Balears*, 8, 25-35. Internet: <http://www.cdlbalears.com/cts.htm>.
- Viegas M.F. et al. (2005). Medidas da Radiação Não-Ionizante na Cidade de São José dos Campos, Sp. Artigo publicado no âmbito do Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA (XI ENCITA). Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Internet: <http://www.bibl.ita.br/xiencita/>
- Virtual Labs & Simulations (1999). *Electricity*. Internet: <http://www.hazelwood.k12.mo.us/%7Egrichert/sciweb/applets.html>
- Vodafone (2005). *Os Campos Electromagnéticos*. Antenas e Saúde. Internet: <http://www.vodafone.pt/main/A+Vodafone/PT/ResponsabilidadeSocial/AntenaseSaudePublica/antenasasaudepublica.htm>
- Wikipédia (1995). Fibra óptica. Internet: http://pt.wikipedia.org/wiki/Cabo_de_fibra_óptica
- Woolnough, B. (1991). Preface. In B. Woolnough (Ed.), *Practical science* (pp xiv-xv). Buckingham: Open University Press.
- Ziman, J. (1994). The Rationale of STS Education Is in the Approach. In Solomon, J., Aikenhead, G. (ed.) *STS Education – International Perspectives on Reform*, New York: Teachers College Press, 21–31.