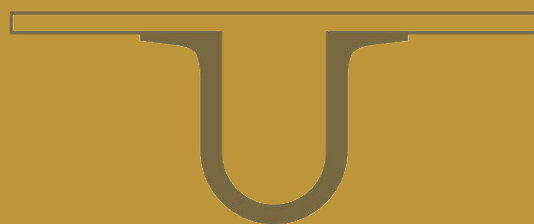




UNIVERSIDADE D  
COIMBRA



Telma Henriques Esperança

**ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS EM SALA DE AULA PARA A  
APRENDIZAGEM INVESTIGATIVA DO SOM NO 8º ANO**

Tese no âmbito do Doutoramento em Ensino das Ciências, Ramo de Ensino da Física orientada pela Professora Doutora Maria José Barata Marques de Almeida, coorientada pelo Professor Doutor Paulo Manuel Mendes Gordo e apresentada ao Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Março de 2019



“Quando não temos certezas estamos vivos”

Graham Greene (1904-91)

## Agradecimentos

À Professora Doutora Maria José de Almeida por tudo. E este tudo é pouco para agradecer, e traduzir por palavras, aquilo que só as emoções podem revelar. Se fosse possível enumerar agradeceria por me ter permitido aprender ao seu lado, por me ter revelado capacidades de superação que desconhecia, por nunca ter desistido de mim e por ser uma constante fonte de motivação. Alertou-me para a importância que a Física teria na minha vida, quando eu ainda não tinha essa visão e deu-me a honra de ser sua orientada. Ensinou-me a querer aprender cada vez mais e a desenvolver capacidades. Um exemplo de rigor e dedicação ao ensino, e aos alunos, que me servirá sempre de inspiração. Serei eternamente grata. É um obrigada por ontem, por hoje e por amanhã.

Ao Professor Doutor Paulo Gordo pela sua dedicação e ajuda preciosa na construção e desenvolvimento deste trabalho, sobretudo ao nível das atividades laboratoriais.

A todas as pessoas do Departamento de Física que sempre se mostraram solícitas e indispensáveis no apoio a todas iniciativas, em particular ao António Cruz, ao Emanuel Rocha e ao Engenheiro Nuno Lucas.

Ao Professor Doutor Décio Martins pelas valiosas respostas sobre as minhas questões existenciais de Física. Sempre paciente e entusiasta. Uma referência, com quem muito me honra ter tido a possibilidade de partilhar a mesma sala de aula.

A todos os professores e alunos que participaram nesta investigação, sobretudo aos professores que muitas vezes sobrecarregados com trabalho não deixaram de querer fazer mais e melhor pelo ensino.

A todos os professores e alunos que fazem parte da minha vida. O resultado desse encontro é a base da paixão que tenho pelo ensino e que me faz querer aprender todos os dias.



## RESUMO

O ensino da Física, no contexto de uma educação em Ciências, tem evoluído no sentido de acompanhar os avanços científicos, tecnológicos e pedagógicos, de modo a formar cidadãos que possam participar numa sociedade crítica e reflexiva. As diversas reformas educativas tentam implementar estratégias que motivem alunos e professores e diminuam o insucesso escolar que, nesta disciplina em específico, teima em manter-se elevado.

Esta investigação desenvolve-se ao nível no ensino básico, nomeadamente com alunos do oitavo ano durante a sua aprendizagem sobre o tema Som. Apresenta-se uma estrutura baseada em atividades experimentais, adequadas às orientações emanadas pelos órgãos competentes, com o objetivo de estimular competências associadas a uma atitude de *Inquiry*, na aprendizagem da Física. Estas atividades estão organizadas segundo estações experimentais, rotativas, que se pretende que sejam potenciadoras de um desenvolvimento de competências cognitivas, atitudinais, processuais e de autonomia, resultando numa aprendizagem mais eficaz.

A proposta incluiu aulas preparadas rigorosamente, atendendo aos objetivos que se pretendem alcançar com a execução de cada estação experimental. Aos sete professores que, em seis escolas diferentes, participaram nesta investigação foram fornecidos todos os recursos necessários à sua implementação, incluindo orientações, material e documentação. O projeto desenvolveu-se ao longo de quatro etapas, em anos letivos consecutivos - desde 2011/2012 até 2014/2015, interligadas de modo dinâmico numa estratégia de reflexão e ação.

Os resultados de uma investigação educacional mista com uma parte quantitativa quase experimental apontam no sentido de uma aprendizagem mais eficaz alcançado pelas turmas experimentais em comparação com as turmas controlo. Salvaguarda-se que não se pretendem obter generalizações pois o contexto desta investigação não possibilita que sejam prudentemente realizadas. A análise do *feedback* dos professores fornece indicadores muito positivos - quer quanto ao resultado das aprendizagens quer à relevância que estes lhe atribuem. Obtém-se neste processo dados que reforçam a necessidade de formação contínua dos professores, numa perspetiva de investigação-ação, que premeie a proximidade entre investigadores e docentes nas escolas.



## **ABSTRACT**

Physics learning within the context of Sciences Education has changed in parallel with scientific, technological and pedagogical developments, towards a better education of future citizens able to participate in a critical and reflexive technological society. A sequence of educational reforms attempted to promote strategies able to increase physics teachers' motivation and students' active learning, aiming at the decrease of schools' educational failures, especially in what concerns the teaching of physics, a subject well known as difficult to learn.

The present research deals with physics teachers inducing 8th grade students to learn Sound. To stimulate inquiry competences since the first steps of physics learning, and in accordance with governmental orientations, one proposes a structure based on experimental stations built within the classroom, designed to develop cognitive, attitudinal and processual competences, including autonomy. Within a classroom, groups of students will cyclically use them and try to solve different tasks, negotiating understanding of previous knowledge.

This proposal includes carefully prepared classroom activities, where the use of each experimental station is subject to well-defined objectives. Every resource, material and documents containing orientations both to the teacher and to the students working on the experimental stations, is at the disposal of every collaborating schoolteacher, as well as the availability of any previous discussions. Along four school years, namely from 2011/2012 up to 2014/2015, it was possible to complete four designing / action / reflection cycles.

The results obtained from the present mixed educational research project, containing a quantitative quasi-experimental component, are clear about a more efficient learning of the experimental samples when compared with the control ones. However, there are no statistical inferences, due to the samples' choice. The feedback from teachers' questionnaires and interviews is positive both about the quality of the students' learning and of their competences' development. From the results one also concludes for the need of in-service teachers' education projects, including action-reflection research activities eventually inserted within school-universities partnerships.





## CONTEÚDO

ÍNDICE DE EQUAÇÕES .....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	I
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	I
ÍNDICE DE TABELAS .....	II
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I - O PROJETO DE INVESTIGAÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1. ENQUADRAMENTO .....	7
2. PROBLEMA E ESTRATÉGIAS .....	15
3. HIPÓTESES E OBJETIVOS DE INVESTIGAÇÃO .....	16
<b>CAPÍTULO II - ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>20</b>
1. COMO SE APRENDE - TEORIAS .....	20
2. COMO SE ENSINA.....	25
2.1 <i>Modos de ensinar</i> .....	25
2.2 <i>O papel do professor</i> .....	29
2.3 <i>Competências pedagógicas</i> .....	31
3 ATIVIDADES EM SALA DE AULA .....	32
4 APRENDER POR <i>INQUIRY</i> .....	36
5 A INVESTIGAÇÃO AÇÃO NA FORMAÇÃO CONTÍNUA DOS PROFESSORES .....	40
6 TRABALHO DE GRUPO.....	46
7 ENSINAR FÍSICA NO ENSINO BÁSICO .....	47
<b>CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO....</b>	<b>53</b>
1. FUNDAMENTOS PARA A INVESTIGAÇÃO.....	53
1.1 <i>Documentos oficiais</i> .....	53
1.2 <i>Manuais Escolares</i> .....	62
1.3 <i>Préconcepções</i> .....	77
1.4 <i>O Ensino da Física nas Escolas e o papel do Professor</i> .....	81

2.	A INVESTIGAÇÃO.....	84
2.1	<i>Desenho da investigação</i> .....	84
2.2	<i>Metodologia da investigação</i> .....	87
2.3	<i>Desenvolvimento da Investigação quantitativa</i> .....	89
2.3.1	<i>Identificação das amostras</i> .....	90
2.3.2	<i>Tratamentos das amostras</i> .....	94
2.3.3	<i>Instrumentos de avaliação das aprendizagens</i> .....	95
2.3.4	<i>Método de análise dos resultados</i> .....	98
<b>CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO.....</b>		<b>102</b>
1.	INTRODUÇÃO .....	102
2	ESTUDO PILOTO .....	106
2.1	<i>Estratégia</i> .....	106
2.2	<i>Instrumentos de avaliação</i> .....	111
2.3	<i>Análise quantitativa</i> .....	113
2.4	<i>Análise qualitativa</i> .....	121
2.5	<i>Conclusões</i> .....	126
3	ESTUDO INICIAL .....	128
3.1	<i>Estratégia</i> .....	128
3.2	<i>Instrumentos de avaliação</i> .....	132
3.3	<i>Análise quantitativa</i> .....	134
3.4	<i>Análise qualitativa</i> .....	146
3.5	<i>Conclusões</i> .....	154
4	ESTUDO INTERMÉDIO .....	157
4.1	<i>Estratégia</i> .....	157
4.2	<i>Instrumentos de avaliação</i> .....	159
4.3	<i>Análise quantitativa</i> .....	160
4.4	<i>Análise qualitativa</i> .....	167
4.5	<i>Entrevistas e Questionários aos professores</i> .....	171
4.6	<i>Conclusões</i> .....	179

5	ESTUDO FINAL.....	182
5.1	<i>Estratégia e instrumentos de avaliação</i> .....	182
5.2	<i>Análise quantitativa</i> .....	184
5.3	<i>Análise qualitativa</i> .....	188
5.4	<i>Resultados</i> .....	191
	<b>CAPÍTULO V - CONCLUSÕES.....</b>	<b>194</b>
1.	<i>Considerações</i> .....	194
2.	<i>Limitações e Perspetiva de continuidade</i> .....	200
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>204</b>
	<b>ANEXO A - PEDIDO DE AUTORIZAÇÃO ÀS ESCOLAS .....</b>	<b>215</b>
	<b>ANEXO B - GUIÃO DAS ATIVIDADES DO ESTUDO PILOTO.....</b>	<b>216</b>
	<b>ANEXO C - PRÉ E PÓS TESTE DO ESTUDO PILOTO .....</b>	<b>243</b>
	<b>ANEXO D - GUIÃO DAS ATIVIDADES DO ESTUDO INICIAL .....</b>	<b>244</b>
	<b>ANEXO E - PRÉ TESTE DO ESTUDO INICIAL E INTERMÉDIO .....</b>	<b>275</b>
	<b>ANEXO F -PÓS TESTE DO ESTUDO INICIAL E INTERMÉDIO .....</b>	<b>277</b>
	<b>ANEXO G - GUIÃO DAS ATIVIDADES DO ESTUDO INTERMÉDIO E FINAL .....</b>	<b>281</b>
	<b>ANEXO H - QUESTIONÁRIO AOS PROFESSORES SOBRE A METODOLOGIA .....</b>	<b>316</b>
	<b>ANEXO I - ENTREVISTA AOS PROFESSORES SOBRE A METODOLOGIA.....</b>	<b>317</b>
	<b>ANEXO J - NOTAS DE APOIO À REALIZAÇÃO DOS PRÉ TESTES.....</b>	<b>319</b>
	<b>ANEXO K - QUESTIONÁRIO SOBRE PRÁTICAS PEDAGÓGICAS .....</b>	<b>320</b>
	<b>ANEXO L - PRÉ TESTE DO ESTUDO FINAL .....</b>	<b>324</b>
	<b>ANEXO M - PÓS TESTE DO ESTUDO FINAL.....</b>	<b>326</b>
	<b>ANEXO O - FOTOGRAFIAS DO MATERIAL DAS ATIVIDADES .....</b>	<b>330</b>

## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Desvio padrão .....	99
Equação 2 - Ganho absoluto .....	99
Equação 3 - Ganho normalizado.....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Lista de todas as escola do concelho de Coimbra no ano letivo 2011/2012 .....	63
Figura 2 - Gráfico dos manuais adotados nas 22 escolas do concelho de Coimbra .....	64

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Média por questão no pré e pós teste da turma experimental, no estudo piloto	114
Gráfico 2 - Média por questão no pré e pós teste da turma controlo, no estudo piloto .....	115
Gráfico 4 - Médias do pré e do pós teste de todas as turmas que participaram no estudo inicial .....	136
Gráfico 5 - Ganho para todas as turmas que participaram no estudo inicial .....	137
Gráfico 5 - Médias do pré e do pós teste de todas as turmas que participaram no estudo intermédio .....	161
Gráfico 6 -Ganho normalizado de todas as turmas que participaram no estudo intermédio .	161
Gráfico 7 - Resposta dos professores à primeira questão do questionário sobre os efeitos da metodologia na sua prática pedagógica.....	172
Gráfico 8 - Resposta dos professores à segunda questão do questionário sobre os efeitos da metodologia na sua prática pedagógica.....	173
Gráfico 9 - Médias do pré e do pós teste das duas turmas que participaram no estudo final	184
Gráfico 10 - Ganho das duas turmas que participaram no estudo final .....	185

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Manuais de Ciências Físico-Químicas utilizados no concelho de Coimbra .....	64
Tabela 2 - Atividades laboratoriais e/ou demonstrações sugeridas para o tema Som no manual (a) .....	67
Tabela 3 - Palavras-chave associadas a cada tema do primeiro capítulo do manual (a).....	68
Tabela 4 - Atividades laboratoriais e/ou demonstrações sugeridas para o tema Som no manual (B) .....	71
Tabela 5 - Aprendizagens específicas associadas a cada tema do primeiro capítulo do manual (b). .....	74
Tabela 6 - Atividades laboratoriais e/ou demonstrações sugeridas no manual (c) para o tema “Som” .....	76
Tabela 7 - amostra total que participou na investigação e número total de aulas previstas para lecionar o Som .....	92
Tabela 8 - Lista das préconcepções incorretas, divididas pelos três tópicos abordados .....	105
Tabela 9 - Escala utilizada na correção dos pré e pós testes, no estudo piloto .....	113
Tabela 10 - Média e Desvio padrão, em percentagem, por questão, nas turmas controlo e experimental, no estudo piloto .....	115
Tabela 11 - Tipos de respostas dos pré/pós-testes, na questão um, em %, no estudo piloto	116
Tabela 12 - Ganhos na questão número um, do pré e pós teste, no estudo piloto .....	116
Tabela 13 - Tipos de respostas dos pré/pós-testes, na questão dois, em %, no estudo piloto	117
Tabela 14 - Ganhos na questão número dois, do pré e pós teste, no estudo piloto .....	118
Tabela 15 - Tipos de respostas dos pré/pós-testes, na questão três, em %, no estudo piloto .....	119
Tabela 16 - Ganhos na questão número Três, do pré e pós teste, no estudo piloto .....	119
Tabela 17 - Respostas corretas, dos pré/pós-testes, na questão quatro, em %, no estudo piloto .....	120
Tabela 18 - Seleção de algumas respostas dos pré/pós-testes, da questão um, no estudo piloto .....	123
Tabela 19 - Percentagem das préconcepções identificadas no estudo piloto .....	127
Tabela 20 - Associação entre as questões do Pré e Pós Teste e as préconcepções .....	134

Tabela 21 - Escala utilizada na correção dos pré e pós testes, no estudo inicial .....	135
Tabela 22 - Média, Desvio padrão e Ganho, em todas as turmas controlo e experimental do estudo inicial.....	138
Tabela 23 - Média e Desvio padrão nos Grupos A e B do pós teste, em todas as turmas controlo e experimental, do estudo inicial.....	139
Tabela 24 - Média e Desvio padrão, por questão do grupo A, nas turmas controlo e experimental, da escola II, no estudo inicial.....	141
Tabela 25 - Ganho, por questão do grupo A, nas turmas controlo e experimental, da escola II, no estudo inicial .....	141
Tabela 26 - Média e Desvio padrão, por questão do grupo A, nas turmas controlo e experimental, da escola III, no estudo inicial.....	143
Tabela 27 - Ganho, por questão do grupo A, nas turmas controlo e experimental, da escola III, no estudo inicial.....	144
Tabela 28 - Média e Desvio padrão, por questão do grupo A, nas turmas controlo e experimental, da escola IV, no estudo inicial.....	145
Tabela 29 - Ganho, por questão do grupo A, nas turmas controlo e experimental, da escola IV, no estudo inicial.....	146
Tabela 30 - Resultados da questão A, do Grupo C dos pós testes, no estudo inicial .....	148
Tabela 31 - Resultados da questão B, do Grupo C dos pós testes, no estudo inicial .....	149
Tabela 32 - Resultados da questão C, do Grupo C dos pós testes, no estudo inicial .....	149
Tabela 33 - Resultados da questão D, do Grupo C dos pós testes, no estudo inicial .....	150
Tabela 34 - Resultados da questão E, do Grupo C dos pós testes, no estudo inicial.....	151
Tabela 35 - Resultados da questão F, do Grupo C dos pós testes, no estudo inicial.....	151
Tabela 36 - Média, Desvio padrão e Ganho, em todas as turmas controlo e experimental do estudo intermédio.....	162
Tabela 37 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO NOS GRUPOS A E B DO PÓS TESTE, EM TODAS AS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DO ESTUDO INTERMÉDIO .....	163
Tabela 38 - Média e Desvio padrão, por questão do grupo A, nas turmas controlo e experimental, da escola V, no estudo inicial.....	164
Tabela 39 - Ganho, por questão do grupo A, nas turmas controlo e experimental, da escola V, no estudo intermédio .....	165
Tabela 40 - Média e Desvio padrão, por questão do grupo A, nas turmas controlo e experimental, da escola VI, no estudo inicial.....	166

Tabela 41 - Ganho, por questão do grupo A, nas turmas controlo e experimental, da escola VI, no estudo intermédio .....	167
Tabela 42 - Respostas, em percentagem, às questões do Grupo C, do Pós Teste, para todas as turmas do estudo intermédio.....	170
Tabela 43 - Média, Desvio padrão e Ganho, nas duas turmas (controlo e experimental) do estudo final .....	185
Tabela 44 - Média e Desvio padrão nos Grupos A e B do pós teste, nas duas turmas do estudo final .....	185
Tabela 45 - Média, Desvio padrão e ganho, por questão do grupo A, nas turmas controlo e experimental, da escola VII, no estudo final .....	187
Tabela 46 - Respostas, em percentagem, às questões do Grupo C, do Pós Teste, para todas as duas turmas do estudo final .....	190
Tabela 47 - Resultados finais das médias dos ganhos de todas as fases da investigação .....	194





## INTRODUÇÃO

A Física é uma ciência que, através de modelos, tenta explicar o comportamento da natureza. Estes modelos desenvolvem-se em estruturas articuladas, requerem ferramentas matemáticas, implicam articulação de conceitos abstratos e impõem a capacidade de os adaptar a situações físicas diferenciadas. Ensinar Física no Ensino Básico e Secundário é, por tudo isto, um desafio em qualquer nível etário.

Em Portugal os alunos têm o primeiro contato com os modelos de Física no 7º ano do ensino básico, na disciplina de Ciências Físico-Químicas. Diversas têm sido as reformas e ajustes para que os resultados das aprendizagens dos alunos, nos diferentes níveis letivos, evoluam de forma positiva. Porém a disciplina de Ciências Físico-Químicas, no Ensino Básico, continua a revelar-se de aprendizagem difícil, tendo sido a disciplina com piores resultados, logo a seguir a Matemática e Português, durante os alunos letivos 2011/2012 até 2015/2016, com uma média que oscila entre os 3,2 e 3,3 (Direção Geral de Estatísticas da Educação e Ciência, 2018). Por outro lado, são vários os indicadores do abandono da educação científica:

*“ A Comissão Europeia (European Commission, 2007) identificou uma grande ameaça para o futuro da Europa: a educação científica está longe de atrair multidões e, em muitos países, a tendência está a piorar. As origens desta situação podem ser encontradas, entre outras causas, na forma como a ciência é ensinada.” (de Almeida e Martins, 2017, p.154)*

Defendendo a educação científica como um pilar fundamental na sociedade e na vida pessoal, é importante refletir de que modo se podem promover ações inovadoras que se mostrem capazes de aumentar o interesse dos alunos, preparando-os para a compreensão do funcionamento do mundo, cada vez mais determinado pelos avanços tecnológicos e científicos.

Este trabalho de investigação tem como ponto de partida as dificuldades existentes no ensino da Física, ao nível do 3º ciclo do Ensino Básico. O objetivo desta investigação educacional específica é alargar o campo de conhecimentos sobre o ensino e aprendizagem daquela disciplina, utilizando o processo científico no estudo do problema específico, com a finalidade de introduzir mudanças e apresentar eventuais soluções. Pretende-se conjugar, com esta metodologia, uma formação permanente dos professores com o desenvolvimento de atividades promovedoras de uma aprendizagem investigativa.

Considera-se que o ensino da Física é de particular importância logo a partir deste nível de escolaridade pois, para além de o interesse despertado pela disciplina poder levar os jovens alunos a escolher, ou não, carreiras de ciências, ele é estruturante para alunos que prossigam os seus estudos em áreas de ciência e tecnologia em que esta disciplina é fundamental; mas também porque aqueles que escolham continuar a sua formação em áreas não científicas terão nestes níveis escolares o único contato com temáticas essenciais para o pleno exercício da cidadania num mundo tecnologicamente desenvolvido. As **Aprendizagens Essenciais** (2018) para a disciplina de Ciências Físico-Químicas colocam ênfase nesta dupla perspetiva:

*“- Os alunos que terminam a disciplina no final do 3.º ciclo ficam dotados de competências ao nível da literacia científica que lhes permitam a mobilização da compreensão de processos e fenómenos científicos para a tomada de decisão, conscientes das implicações da Ciência no mundo atual, de forma a exercerem uma cidadania participada.*

*- Os alunos que optarem pelo prosseguimento de estudos numa escolaridade obrigatória de 12 anos na área das ciências ficam dotados de literacia científica que lhes permita o aprofundamento de saberes nesta área.” (p.2)*

Selecionou-se a temática do ensino do Som, no oitavo ano de escolaridade, por ser um primeiro contacto com a propagação de ondas mecânicas, lecionadas por professores com uma preparação adequada

para abordar o ensino de temas de Física. A propagação de ondas mecânicas exige a compreensão e articulação de diferentes conceitos abstratos. Qualquer conceito mal percebido ou interligação deficiente de conceitos pode levar ao desenvolvimento de preconcepções incorretas que implicam deficientes desenvolvimentos dos modelos mentais dos alunos. A linguagem assume um papel fundamental, quer pela sua utilização no dia a dia quer pela necessária transposição para a aprendizagem da temática. O trabalho agora desenvolvido incluiu planificações de atividades experimentais organizadas com base em kits próprios, preparadas com objetivos bem definidos após se terem identificado os problemas de aprendizagem que se pretendiam ultrapassar. A formação dos professores envolvidos ficou associada ao fornecimento de material de apoio e a um acompanhamento constante. Numa tentativa de construir um ambiente de aprendizagem investigativa fomentou-se o trabalho de grupo, a justificação de escolhas e respostas e a exploração de atividades experimentais numa perspetiva criativa, nas quais os alunos tiveram de negociar as observações, as conclusões e as justificações antes de as comunicarem. Os resultados quantitativos das aprendizagens foram recolhidos através de instrumentos de avaliação criados para o efeito, e que foram sendo sucessivamente adaptados ao longo da investigação em função dos resultados obtidos. Optou-se por um método de investigação misto: baseado em resultados quantitativos obtidos através dos instrumentos de avaliação, e em resultados qualitativos baseados em comentários e em questionários aos professores.

Um dos principais resultados deste projeto de investigação é o conjunto de materiais construídos para o ensino do Som, no oitavo ano do Ensino Básico. Não se pretende com este estudo uma determinação do melhor método para ensinar o Som, mas apenas apresentar os resultados da aplicação de uma metodologia que se acredita que faz progredir os alunos não só em termos de aprendizagem de conceitos importantes, mas também de desenvolvimento de competências que virão a facilitar aprendizagens posteriores. Após um estudo piloto, o projeto foi alargado a 14 turmas do oitavo ano de diversas regiões de Portugal. Em todos os resultados recolhidos nos anos letivos de 2011-2012 a 2014/2015, verificou-se que as turmas experimentais alcançaram resultados de

aprendizagem superiores aos das turmas controlo. As respostas e os comentários dos professores foram muito positivos em relação à evolução dos alunos, indicando a aquisição de competências importantes, nomeadamente no sentido de uma evolução na capacidade de "*pensar e tentar resolver situações problemáticas*" e um aumento da motivação e curiosidade. O estado de alerta, produzido nos alunos pelas atividades desenvolvidas "*despertou-os para o carácter investigativo da ciência*".

Assim, resultam deste trabalho indicadores da eficácia de uma aprendizagem investigativa dos alunos em colaboração com os seus pares, com a realização regular de trabalhos de grupo focados em atividades experimentais de acordo com um guião que solicita respostas com a devida justificação. Não pode ser ignorada a contribuição e o envolvimento dos professores neste projeto de investigação educacional, para o qual colaboraram numa perspetiva reflexiva de formação em ação.



# CAPÍTULO I

## O PROJETO DE INVESTIGAÇÃO

## CAPÍTULO I - O PROJETO DE INVESTIGAÇÃO

### 1. Enquadramento

Em Portugal, ao longo dos anos, através de alterações nas orientações oficiais que servem de base às atividades docentes, diversas estratégias e ferramentas pedagógicas têm sido sugeridas para aplicar no ensino das ciências, para que os resultados das aprendizagens dos alunos evoluam de forma positiva.

Nos anos oitenta os programas das disciplinas de ciências defendiam o ensino do método científico. No programa de Ciências Físico-Químicas existia uma ênfase nos processos científicos enquanto que os objetivos eram fundamentalmente do domínio cognitivo (Leite e Esteves 2004).

São três as Reformas Curriculares que ocorreram em Portugal, nos Ensinos Básico e Secundário, nos últimos 50 anos do século XX - anos 40, 70 (Reforma de Veiga Simão) e 90 (após a publicação da Lei de Bases do Sistema Educativo).

A Lei de Bases do Sistema Educativo (LBSE, Lei n.º 46/86 de 14 de outubro), publicada em 1986 e com alterações em 2005 (LSBE, Lei nº49/2005 a 30 de agosto), refere que a educação deve promover o *“desenvolvimento do espírito democrático e pluralista, [...], formando cidadãos capazes de julgarem com espírito crítico e criativo o meio social em que se integram e de se empenharem na sua transformação progressiva”*.

Esta Lei constitui a principal referência para o funcionamento das escolas dos diferentes níveis de ensino e para a formação de professores e conduziu a uma Reforma Educativa, no início da década de 90, com o reforço do trabalho laboratorial no ensino das ciências. A partir deste momento reconhece-se a existência de diversos tipos de atividades laboratoriais, com orientações para conceitos ou para os processos, de acordo com o objetivo que se pretendia alcançar. (Leite e Esteves 2004).



Segue-se a reorganização Curricular do Ensino Básico, em 2001, que aponta para um ensino mais centrado nos alunos, com um envolvimento ativo e estratégias diversificadas, nomeadamente o trabalho laboratorial investigativo (Freire, 2004), e apostam na interligação entre as componentes teórica e laboratorial (Leite e Esteves 2004). **As Orientações Curriculares**, que são o produto dessa reorganização e que ainda hoje estão em vigor, sugerem a realização de experiências que permitam aos alunos a aplicação do conhecimento científico com transferência para os problemas do quotidiano e consequente desenvolvimento de competências de conhecimento processual e estratégias de resolução de problemas que caracterizam as investigações em ciência (Freire et al., 2001).

Em 2013 as **Metas de Aprendizagem** (Fiolhais et al 2013) enunciam os descritores essenciais para o ensino da Física e da Química, inclusive as atividades de caráter experimental. Recentemente, em 2018, surgem as **Aprendizagens Essenciais**, documentos de orientação curricular na *“planificação, realização e avaliação do ensino e da aprendizagem, conducentes ao desenvolvimento das competências inscritas no Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória”* (Direção Geral da Educação, 2018).

Segundo Galvão e Freire (2004), os principais objetivos do currículo das Ciências Físicas e Naturais são:

*“... que o aluno do ensino básico seja capaz de: (i) Levantar questões acerca do mundo natural que o rodeia, fomentando a curiosidade, o entusiasmo e interesse pela ciência; (ii) Adquirir uma compreensão geral e alargada de ideias importantes e das estruturas explicativas das ciências, bem como dos procedimentos da investigação científica, de modo a sentir confiança na abordagem de questões científicas e tecnológicas; (iii) Questionar o comportamento humano perante o mundo, bem como o impacto da ciência e da tecnologia no nosso ambiente e na nossa cultura”* (p. 35).

Numa sociedade em que a mudança é uma constante, o conhecimento adquirido ao longo do percurso escolar deve proporcionar aos alunos competências tais que lhes permitam responder aos novos desafios. Segundo Perrenoud (1999):

*"Competência é a faculdade de mobilizar um conjunto de recursos cognitivos (saberes, capacidades, informações etc.) para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações". (p. 30)*

A escola tem um papel fundamental na preparação dos alunos para a aprendizagem ao longo da vida, numa dinâmica evolutiva e não de fornecimento de conhecimentos estanques. De acordo com Martins e Veiga (1999) sobre as funções da escola:

*" (...) está implícita a de preparar para aprendizagens e a de as promover, mas jamais a de resumir a educação escolar, nomeadamente a científica, a uma apropriação de saberes por parte dos alunos. A construção de conhecimento, que é naturalmente um dos alvos da Educação em Ciências na escolaridade básica, tem que ser assumida pela escola como meio para atingir algo de mais valioso que a mera aquisição do mesmo." (p.4)*

Entre todas as temáticas abordadas no Ensino Básico selecionou-se o Som pois é um tema cujo primeira abordagem em sala de aula surge neste nível letivo, e tem algumas particularidades associadas à sua aprendizagem. De acordo com Afonso e Leite (1999), a integração desta temática nos documentos oficiais é justificada por:

*"(...) constituir uma oportunidade para formar indivíduos não só mais cultos e conhecedores dos aspetos científico-técnicos do som, mas também mais aptos a responder às exigências da sociedade, em contextos associados à poluição e à proteção acústica, e a tomar decisões fundamentadas para promoção da saúde, do ambiente e da qualidade de vida." (p.10)*

O entendimento global do Som envolve conceitos abstratos e, talvez por esse motivo, está identificado na literatura como associado a várias préconcepções difíceis de corrigir.

Desde muito cedo o Som ocupou as reflexões sobre a Física e Demócrito (420-377 A.C.), citado in Correia (2001), explicava que no fenómeno ondulatório as partículas de som propagavam-se em todas as direcções. Para Aristóteles (384-322 A.C.), citado também por Correia (2001):

*“o som resulta da colisão entre corpos sólidos, da qual resultam sucessivas contracções e expansões que se propagam no ar, do mesmo modo que uma onda circular resulta da queda de uma pedra na água calma, dando assim os primeiros passos para a construção da futura teoria ondulatória”.* (p.12)

O recurso aos termos científicos adequados e às ferramentas matemáticas necessárias, permitiu construir, ao longo do tempo, teorias e modelos explicativos sobre o Som. É, portanto, expectável que este tema seja passível de muitas dificuldades nas construções dos modelos mentais dos alunos.

Os documentos oficiais, nomeadamente nas **Aprendizagens Essenciais** (2018) colocam ênfase nos fenómenos ondulatórios:

*“Não menos importante para a vida do Homem na Terra é a sua capacidade de comunicar. Neste contexto, a compreensão dos fenómenos ondulatórios é fundamental, quer seja para a sua utilização como recurso energético, quer para a codificação e transmissão de informação.*

*Assim, as AE para o 8.º ano de escolaridade desenvolvem-se em três grandes domínios correspondentes às finalidades enunciadas: as Reações Químicas, o Som e a Luz. Os subdomínios incluídos no domínio Reações Químicas são Explicação e representação de reações químicas, Tipos de reações químicas e Velocidade das reações químicas; no domínio Som são Produção e propagação do som e*

*ondas, Atributos do som e sua detecção pelo ser humano e Fenómenos acústicos e no domínio Luz são Ondas de luz e sua propagação e Fenómenos óticos. Pretende-se que os alunos desenvolvam trabalho prático em interação com os pares, realizem experiências e explorem simulações, questionem, apresentem justificações e explicações, resolvam não só exercícios, como também problemas, nos quais a Física e a Química sejam adequadamente contextualizadas por forma a serem assuntos relevantes para os alunos, e descubram as suas próprias motivações para as aprendizagens.” (p.3)*

Verifica-se assim uma evolução no sentido do afastamento de um ensino baseado unicamente na transmissão de conhecimentos, para um papel determinante nos processos e desenvolvimento de competências dos alunos. Como refere Alves (2004):

*“... um currículo por competências assume como uma das premissas pedagógicas a de desenvolver, no educando, a capacidade de resolver problemas”.*  
(p.131)

A evolução dos documentos oficiais em vigor aponta para um ensino que procura ser capaz de desenvolver nos alunos ferramentas tais que lhes permitam identificar o contexto do que aprendem de novo, conseguindo encaixá-lo nas aprendizagens que já possuem, ao invés de memorizar um conhecimento fragmentado. Pretende-se criar condições tais que tornem o aluno num cidadão capaz de intervir numa argumentação, validando a sua opinião e respeitando as que são diferentes das suas, comunicando resultados, questionando-se e investigando, sempre que necessário. Conclui-se que se evolui no sentido de um ensino mais centrado em cada aluno - nas estratégias que se devem construir para que cada um evolua o mais possível a partir dos conhecimentos e competências que já possui, aprendendo conteúdos e com eles desenvolvendo capacidades durante a sua formação.

O ensino centrado nos alunos, e nas competências essenciais ao seu desenvolvimento, não torna o papel do professor menos importante. De

acordo com as **Aprendizagens Essenciais (2018)**, para a disciplina de Ciências Físico-Químicas, no oitavo ano, o professor tem um papel orientador da evolução do aluno, levando-o a interrogar-se, e criando estratégias tais que lhe permitam comunicar e identificar pontos fracos e fortes resultantes das aprendizagens alcançadas.

As sucessivas alterações, com vista a alcançar cada vez melhores resultados na aprendizagem dos alunos, requerem do professor a capacidade de refletir e interrogar-se continuamente sobre as estratégias pedagógicas que vai desenvolvendo. De acordo com Skinner (2010), uma parte importante da atividade do professor é estar atento à evolução de novas teorias e práticas pedagógicas, numa perspetiva de disponibilidade para desenvolver adaptações, reflexões críticas sobre as alterações concretizadas em sala de aula e desenvolvimento profissional colaborativo.

O envolvimento dos professores nesta investigação, como em todas as que se assumem em educação na prática, é crucial. O professor é o investigador que conhece em maior profundidade o contexto da investigação, e deve sentir necessidade de realizar a sua própria aprendizagem. De acordo com Alarcão (2001):

*“... requer dos professores um espírito de pesquisa próprio de quem sabe e quer investigar e contribuir para o conhecimento sobre a educação. Mas, ao mesmo tempo esta atitude e atividade de pesquisa contribui para o desenvolvimento profissional dos professores e para o desenvolvimento institucional das escolas em que estes se inserem (... ) formar para ser professor-investigador implica desenvolver competências para investigar na, sobre e para a ação educativa e para partilhar resultados e processos com os outros, nomeadamente com os colegas.” (p.27)*

O professor deve identificar-se com a investigação, sentindo-se parte dela pois segundo Slomski e Martins (2008):

*“... a cultura de investigação fundamenta-se na ideia de uma ciência educativa em que cada sala de aula é um laboratório e cada professor um membro da comunidade científica” (p.6).*

A investigação em educação nem sempre se prende com objetivos estatísticos, como afirma Costa e Oliveira (2015):

*“... nem todos os estudos educacionais são quantificáveis e que, na maioria das vezes, interessamos compreender determinado fenómeno dentro de um contexto específico, a investigação qualitativa em educação proporciona ao professor métodos e técnicas fundamentais para a melhoria da prática letiva” (p.184)*

Como refere Moreira (2001, in Sanches 2005), a investigação-ação, exercitada como estratégia formativa de professores, promove a reflexão na prática profissional e a sua própria autonomização. Enquanto o professor questiona as suas práticas e aprendizagens próprias, em períodos de reflexão-ação-reflexão permanente e sistemática, está a organizar a recolha da informação válida para dirigir o seu processo de ensino, o que, como refere Sanches (2005):

*“ ... permite cientificar o seu ato educativo, ou seja, torná-lo mais informado, mais sistemático e mais rigoroso; ao partilhar essa informação com os alunos e com os colegas, no sentido de compreender o ensino e a aprendizagem para encontrar respostas pertinentes, oportunas e adequadas à realidade em que trabalha, está a desencadear um processo dinâmico, motivador, inovador, responsável e responsabilizante dos vários intervenientes do processo educativo.” (p. 130)*

O projeto FSE/CED/83453 “*Otimização do Ensino das Ciências Experimentais*”, de 2008, contemplado com um financiamento pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, propôs-se encontrar respostas para esta necessidade de formação nos professores com componente reflexiva (de Almeida, 2013):

*“- Será possível, através de formação contínua, desenvolver nos professores dos ensinos básico e secundário uma atitude de reflexão ativa, de colaboração intra e interdisciplinar e de desenvolvimento de capacidades de investigação educacional orientada por docentes universitários?*

*- Esta atitude reflexiva e de colaboração dos professores produzirá efeitos sobre o seu comportamento em sala de aula, conducentes a melhores aprendizagens e desenvolvimento de competências dos seus alunos?*

*- A atitude de cooperação reflexiva entre docentes, desenvolvida ao longo do projeto, permanecerá para além do fim deste, transferindo-se para outros colegas, temas e níveis escolares? “(p.189)*

Este projeto contou com formação acreditada pelo Conselho Científico-Pedagógico de Formação Contínua e reuniu 78 elementos, divididos por três áreas distintas: física e química, biologia e geologia, e matemática. Assume-se como:

*“(...) uma experiência de formação contínua de professores dos EBS das diversas áreas das ciências experimentais, tentando analisar eventuais consequências em termos de aprendizagens que esses professores vão conseguir fomentar nos seus próprios alunos”. (p.189)*

O trabalho de investigação desenvolvido teve como estado embrionário a participação ativa, e reflexão posterior, no projeto citado.

## 2. Problema e estratégias

A necessidade de melhorar os resultados da aprendizagem sobre o Som na disciplina de Física, no oitavo ano do Ensino Básico, é o objetivo deste trabalho. Recorre-se a atividades experimentais de Física, organizadas com base em estações experimentais numa estrutura de pesquisa orientada, para promover as aprendizagens que fomentem a motivação e atividade dos alunos e a procura de respostas para os problemas que lhes são colocados. Pretende-se criar um ambiente em que os alunos se sintam desafiados a testar hipóteses e a resolver problemas, adquirindo gradualmente competências tais que lhes permitam construir modelos mentais explicativos dos fenómenos, baseados na observação, recolha de dados e negociação de compreensões dos resultados com os seus pares.

Para proporcionar este tipo de aprendizagem entende-se ser necessário implementar tarefas que integrem questões do dia-a-dia com que o aluno terá de lidar e que envolvam um pensamento mais complexo, com o aluno a interrogar-se a si próprio e aos colegas durante o processo de aprendizagem. Este tipo de abordagem requer que durante as atividades experimentais o professor tenha uma atitude de gestor de aprendizagens, tendo previamente fornecido aos alunos os conhecimentos e as ferramentas necessárias para que possam desenvolver competências e resolver as situações problema. Durante o contacto dos alunos com as estações experimentais, o papel do professor é envolver ativamente os aprendizes nas suas reflexões e desafiá-los a progredir.

Considera-se necessário ensinar os alunos a aprender, para o que é necessário vontade e disponibilidade dos próprios, que têm de construir gradualmente estruturas cognitivas sobre os alicerces que são as aprendizagens anteriores. O professor deve propor novas atividades que tenham em conta o nível cognitivo dos alunos, levando-os a questionarem os resultados e fomentando a motivação, o progresso dos conhecimentos, a curiosidade e o interesse. A visão dinâmica, e o



desenvolvimento gradual de competências durante as atividades propostas, deverá conduzir os alunos ao desenvolvimento das capacidades de argumentar e procurar respostas fundamentadas para as situações problema. Pretende-se que a desmistificação da ciência como um conjunto estático de factos - que leva os alunos a julgar que aprender Física é decorar leis e aplicar fórmulas - os leve a aceitar que os esforços para a sua aprendizagem também constituem um processo dinâmico e em constante crescimento, conduzindo os alunos a uma atitude positiva que facilite aprendizagens significativas e que se traduza em melhores resultados obtidos através dos instrumentos de avaliação.

### 3. Hipóteses e objetivos de investigação

Para resolver o problema central desta investigação, apresentam-se as hipóteses que se pretendem verificar:

- I. Os alunos sujeitos a uma estratégia de aprendizagem investigativa, sobre os conceitos que se relacionam com o Som, têm melhor desempenho geral nos instrumentos de avaliação do que os alunos das turmas controlo.
- II. As ideias preconcebidas sobre o Som, se incorretas, poderão ser reajustadas de modo a tornar a aprendizagem eficiente.
- III. As atividades experimentais propostas influenciam positivamente a capacidade de combinação entre a realização experimental, o trabalho de grupo e a formulação de respostas.

- IV. As atividades laboratoriais em grupo, com materiais simples e com documentos de apoio são facilmente executadas e orientadas pelos professores.
- V. Os professores aceitam aplicar novas estratégias pedagógicas, abandonando a sua zona de conforto, desde que se sintam previamente preparados.

Os objetivos desta investigação são o desenvolvimento de estratégias que possibilitem averiguar as hipóteses citadas, mas também a elaboração de materiais que permitam a execução das práticas pedagógicas que se baseiam numa aprendizagem investigativa orientada, desenhada de acordo com os documentos oficiais e projetada segundo uma estrutura vertical de graduação de competências. Segundo Martins et al (2002), para os professores do ensino básico e do ensino secundário, um dos problemas que dificulta a realização de atividades laboratoriais prende-se com os recursos: a falta de material ou equipamentos (37% e 30%, respetivamente) ou a existência de material estragado (12% e 14%, respetivamente). Com a proposta apresentada pretende-se desenvolver atividades com recursos simples, diversificar as possibilidades e diminuir o investimento para a realização das mesmas, apresentando-as aos professores de modo a que as possam introduzir e adaptar às suas práticas pedagógicas, contribuindo assim para a sua evolução profissional. De acordo com Sanches (2005):

*“A mudança é uma ação complicada porque, tendo como objetivo melhorar a vida das pessoas, pode estar a pôr em conflito as suas crenças, estilos de vida e comportamentos. Para que essa mudança seja efetiva, é necessário compreender a forma como os indivíduos envolvidos vivenciam a sua situação e implicá-los nessa mesma mudança, pois são eles que vão viver com ela (Bogdan e Biklen, 1994).” (p.128)*



## CAPÍTULO II

### ESTADO DA ARTE

### 1. Como se aprende - Teorias

A aprendizagem tem sido, ao longo dos anos, alvo de vários estudos para que se consiga encontrar a resposta à questão “*como se aprende?*”. Dessa evolução resumem-se as três principais Teorias de Aprendizagem, por ordem cronológica, em relação às quais se realizarão algumas considerações.

#### Behaviorismo

Fundado pelo Americano John Watson, em 1913, interpreta a aprendizagem como um comportamento que resulta da repetição, suportado pelo estímulo e recompensa.

*“O behaviorismo baseia-se nas mudanças de comportamento observáveis. Um dado modelo de comportamento é repetido até que o mesmo se torne automático”* (Segundo Schuman, 1996, citado por Lima e Capitão, 2003, p.75).

O treino era considerado um bom processo para aprender e de acordo com de Almeida (2017):

*“As orientações do behaviorismo apontam para um aprender “decorado”, muito característico do início da aprendizagem nos primeiros níveis escolares: o aluno vai obtendo e decorando informações fornecidas pelo meio ambiente em que vive, pela família e pela escola, e vai-as guardando na sua memória, para mais tarde as utilizar, quando for necessário”* (p.50)

Cognitivismo:

Esta teoria de aprendizagem coloca em evidência a importância do interesse dos alunos na construção da sua aprendizagem. A motivação intrínseca adquire um papel preponderante e por isso se defende que só aprendizes interessados e ativos podem aprender e:

*“(..) conseguir aplicar as aprendizagens adquiridas - de reagir bem a desafios envolvendo a resolução de problemas, com um menor ou maior grau de familiaridade com os que foram considerados em sala de aula. (de Almeida, 2017, p.51)*

A ciência cognitiva veio reforçar a importância do cognitivismo na explicação do modo como se aprende (Redish, 1994). Aceita-se a existência de duas memórias - a de trabalho e a profunda. A memória de trabalho é limitada, fornecendo um armazenamento temporário, enquanto que a memória profunda é ilimitada e retém as aquisições processadas durante os momentos de aprendizagem (de Almeida, 2017, p.51).

De acordo com Alloway (2009), a capacidade limitada da memória de trabalho é diferente em cada pessoa e está diretamente relacionada com a capacidade de aprendizagem durante a infância e, também, com competências de leitura.

As novas aprendizagens fazem com que seja necessária a ligação entre as duas memórias, com os conteúdos anteriores a tentarem enquadrar-se nos novos. De acordo com de Almeida (2017), neste processo pode ocorrer a correta transformação, mais ou menos imediata, com o aumento da estrutura de conhecimentos profunda, ou pode ocorrer o conflito, com uma ligação não eficaz entre os conteúdos. O aprendiz encaixa o novo conhecimento nos anteriores, que já se apresentavam frágeis, e fortalece um conjunto de préconcepções erradas, cada vez mais enraizadas na sua memória profunda. Pode ainda acontecer que o aluno não encontre ligações anteriores que permitam o encaixe das novas, ficando o que resulta desta aprendizagem apenas na memória de trabalho, de curta duração:

*“Compreende-se assim a importância do conhecimento adquirido por cada aprendiz ficar armazenado na memória profunda de acordo com uma estrutura mental bem organizada, que permita que seja futuramente acedido com mais facilidade e correção: perante uma nova situação, o aluno encontrará mais rapidamente razões para descartar caminhos incorretos de resolução de problemas, selecionando com eficácia a parte dos conhecimentos anteriores que vai permitir alcançar os objetivos pretendidos. Os conhecimentos, as capacidades e as competências desenvolvidas nas aprendizagens escolares poderão assim ser transferidas para a vida do dia-a-dia e para atividades profissionais futuras.” (de Almeida, 2017, p.52)*

Ausubel introduz o conceito de aprendizagem significativa que, para este filósofo, é o processo pelo qual os conhecimentos novos se relacionam de modo significativo com as proposições previamente disponíveis na estrutura cognitiva. Já Vygotsky realça a importância do papel do professor, como mediador da aprendizagem, e valoriza o ato educativo (Leal et al, 2010).

#### Construtivismo:

O construtivismo tem vários pontos em comum com o cognitivismo. A aprendizagem é relacionada com a interação que o aprendiz tem com o conteúdo e teve como um dos seus iniciantes Jean Piaget.

*“O construtivismo é uma teoria que caracteriza a aprendizagem como um processo de construção interpretativo e recursivo por parte dos alunos em interação com o mundo físico e social. É uma teoria psicológica da aprendizagem que descreve o modo como surgem as estruturas e a compreensão conceptual mais profunda, mais que uma teoria que apenas caracteriza as estruturas e estádios do*

*pensamento, ou mesmo uma teoria que isola comportamentos apreendidos pelo meio do reforço”* (Fosnot, 1999).

Nas duas versões opostas que caracterizam o construtivismo, a diferença é que na versão mais radical considera-se que a aprendizagem é resultado da interpretação sensorial que cada aprendiz executa, podendo divergir de aprendiz para aprendiz; enquanto que na versão mais social se considera que o meio envolvente é grande influência na aprendizagem de todos os seres humanos (de Almeida, 2017, p.52)

John Dewey defendia que o conhecimento é um modo de participação e que o ensino deva dar-se pela ação, estimulando o envolvimento, quer físico quer mental. Aceita a participação do professor enquanto distribuidor de informação, mas o aprendiz deve estar envolvido pessoalmente para resolver a situação problemática (Dewey, 1969).

Segundo Esperança (2011) os documentos reguladores do ensino da Física atribuem relevância ao:

*“... desenvolvimento de competências de conhecimento, raciocínio, atitudes e comunicação, promovem o ensino por investigação, integram a perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e valorizam a avaliação como aprendizagem. (...) a aula é centrada num problema, incide em estratégias de investigação e deve realçar os processos de compreensão. (...) Algumas das metodologias sugeridas são o recurso a jogos, brainstorming, pesquisas, observação de situações concretas, resolução de problemas, discussão de soluções em grupo, realização de experiências e investigação. Como estratégia privilegia-se, neste tipo de modelo, a comunicação de informação e ideias, a construção em conjunto de uma nova explicação, a revisão sucessiva das soluções encontradas, o recurso à avaliação entre pares e a integração nos conhecimentos anteriores. Neste contexto pede-se ao professor que procure e use as*



*questões e ideias dos alunos, que promova a iniciativa e a pesquisa, que use os conhecimentos e experiências dos alunos, que encoraje o recurso a fontes exteriores às aulas e que incentive a procura de causas e a predição de consequências. “ (p.13)*

Entende-se que os documentos oficiais promovem o recurso aos métodos ativos, com sugestões de práticas pedagógicas que se opõem à transmissão como única estratégia de ensino. No entanto, o facto de ser importante que o aluno participe ativamente na construção do conhecimento, não invalida a presença de uma certa exposição direta de conteúdos e de instruções explícitas (Festas, 1998). As instruções explícitas são úteis à construção da aprendizagem, mas, em muitos casos, são essenciais para o envolvimento do aluno nelas (Pirolli e Anderson, 1985, citado por Bidarra e Festas, 2005).

As teorias de aprendizagem que dominam o sistema educativo parecem apontar para uma abordagem construtivista na qual o aluno tem o papel principal. Contudo a formação inicial da maioria dos professores que estão nas escolas foi feita no âmbito de um ensino fundamentalmente behaviorista.

*“Até finais do século XX (1980s) o modelo de aprendizagem dominante nos cursos de formação de professores foi o behaviorismo. Recentemente, o desenvolvimento da investigação educacional sobre a aprendizagem dos seres humanos aponta para o construtivismo (social) associado ao cognitivismo. Esta perspetiva é agora considerada como fundamental para o ensino e aprendizagem significativa da Física (Tsai, 2002; Holt-Reynolds, 2000; Haney; McArthur, 2002).” (de Almeida, 2018, p.112)*

## 2. Como se ensina

### 2.1 *Modos de ensinar*

Nesta seção apresentar-se-ão os modos de ensinar que resultam de uma análise detalhada às ideias de Skinner (2010).

Esse autor defende que existem alguns modos de ensinar fundamentalmente diferentes. A compreensão e o reconhecimento dessas diferenças são cruciais para entender os diversos papéis do ensino moderno: ensino direto (explicação direta, recorrendo sobretudo a aulas teóricas); ensino através de diálogo e discussão (apresentação de razões e argumentos, utilizando seminários e/ou aulas teórico/práticas); aprendizagem através da ação e da experiência (utilização da experiência, sobretudo em laboratórios); aprender através da investigação *inquiry* (descobrir por iniciativa própria, realizando projetos e dissertações).

Geralmente, os métodos de ensino envolvem uma mistura de modos; e, na fronteira, um modo pode sobrepor-se a outro. Há alturas que é possível, por exemplo, aplicar o modo *inquiry* ou aprendizagem através da ação e experiência; ou mesmo ambas - se, por exemplo, *inquiry* se faz através de tentativa e erro.

Não se defende, segundo o mesmo autor, uma “melhor maneira de ensinar”, nem se tenta ajuizar entre o ensino direto tradicional e a investigação (*inquiry*), ou entre a instrução e a construção. Sustenta que ambos têm um papel claro e válido. O professor eficaz necessita de desenvolver os quatro modos de maneira equilibrada, para ir ao encontro de uma gama de contextos, assuntos (e os seus diferentes aspetos), alunos e objetivos de aprendizagem. É uma teoria aberta ao desenvolvimento como resposta a futuros pensamentos e investigação.

### Ensino Direto

O ensino direto caracteriza-se por ser muito estruturado, com um forte controlo do professor, mas os aprendizes têm de estar envolvidos ativamente. Os professores conduzem o processo e devem combinar a instrução, a demonstração, as explicações e ilustrações, as perguntas e as discussões, a consolidação, a avaliação e a sumarização.

O papel do professor é muito vasto, no qual se destaca o controlo da aprendizagem, a apresentação de ideias e informação, a estrutura através da qual apresenta o conhecimento. Por sua vez o aluno escuta, observa, recebe informações e participa quando solicitado.

Em favor deste modo de ensino aponta-se o longo percurso histórico, que se traduz pela existência de várias investigações que dão suporte à sua eficácia, a capacidade de adaptação ao tamanho das turmas e da gestão de recursos. Como pontos fracos enuncia-se a aprendizagem passiva, fragilidades ao nível da motivação e da capacidade de interagir com grupos heterogéneos de aprendizes.

A questão não é se o ensino direto deve ou não ser utilizado, mas em que contextos o deve ser e para que finalidades; e como pode ser modernizado da maneira mais eficaz para explorar as tecnologias de informação e comunicação (ICT) e encorajar o envolvimento ativo dos alunos.

### Ensino através do diálogo e da discussão

O ensino através do diálogo e da discussão tenta reconciliar duas correntes de pensamento - discussão aberta e ensino através do diálogo.

Para Skinner (2010), o ensino na forma de diálogo é mais dirigido pelo professor do que uma conversa aberta e, para professores menos preparados, pode transformar-se em “perguntas e respostas”. Este processo procura atingir os objetivos através de perguntas cumulativas estruturadas e de conversa exploratória, um processo no qual o apoio feito pelo professor tem um papel importante.

Dillon (1994), citado por Skinner (2010), definiu discussão sempre que o assunto for aberto à discussão, sem uma resposta pré-determinada, tentando o professor aproximar-se dela. Esta parece ser a principal disparidade entre uma discussão aberta e um diálogo. Contudo, defende que as perguntas devem ser evitadas porque prejudicam as discussões genuínas, transformando-as em sessões de perguntas e respostas que é uma das componentes do ensino direto.

Neste modo de ensinar o aluno aprende a argumentar e deve aumentar as suas capacidades ao nível da articulação de percepções e ideias. Por seu lado o professor encoraja os alunos a articular essas percepções, desenvolve regras de cooperação (e não de competição), tentando conduzir o debate de modo eficaz. A avaliação das aprendizagens é realizada, essencialmente, através de observação direta, registos e relatórios.

#### Ensino através da ação e da experiência

O ensino através da ação e da experiência defende que se pode aprender através da ação (aprender fazendo) e da experiência.

A essência de aprender através da ação e da experiência não é tomar decisões, é fundamentalmente aprender através da vivência direta de um fenómeno ou processo e de refletir sobre ela. A reflexão sobre a experiência é considerada basilar para desenvolver compreensões, e deste modo a competência de aplicar o conhecimento, ou os princípios que dele derivam, a outros contextos.

A qualidade da aprendizagem através da ação pode depender fortemente da qualidade de pensamento sobre a ação. Este pensamento pode ser antes, durante e depois da ação. Pode ser útil ver a aprendizagem através da ação e experiência como um ciclo de planear, fazer e refletir.

Este modo de ensinar cobre uma gama de atividades educacionais, com diferentes graus de estrutura e abertura.

Para que este método seja aplicado em aula o professor deve transformar as experiências em conhecimento utilizável e usar

capacidades interpessoais para provocar atuações. Os alunos são avaliados essencialmente através de observações e relatórios, devendo envolver-se completamente na ação e na experiência para que possam alcançar resultados positivos.

#### Ensino através da pesquisa (*inquiry*)

Este modo de ensinar será analisado com mais detalhe no ponto quatro deste capítulo, porém definem-se nesta fase as características enunciadas por Skinner (2010).

O autor defende que o ensino através de *inquiry* é um modo importante de ensinar qualquer assunto e necessita em geral de ser equilibrado com outros modos, incluindo uma quantidade razoável de ensino direto. O equilíbrio entre aprender através de pesquisa e aprender a fazer investigações precisa de ser analisado em relação ao contexto. Por vezes aprender a investigar pode ser o objetivo principal, mas não se aprende apenas pela realização da investigação.

Aprender a conduzir uma experiência eficaz pode dar mais resultado se for ensinado com algum detalhe através de ensino direto, seguido do planeamento, condução e avaliação de uma série de experiências sobre tópicos diferentes, que permitam que os aprendizes desenvolvam sensibilidade ao conjunto de problemas que podem vir a surgir.

É um “descubra você próprio” através de procura, experiência, resolução de problemas e investigação.

Este método pode ser desenvolvido em grupo, depende da disciplina envolvida e da fase do processo de ensino. Por vezes outros modos (discussão ou diálogo ou ensino direto) podem ser introduzidos dentro do esquema alargado do processo.

O autor questiona-se se será possível, e conducente a uma aprendizagem efetiva, desenvolver-se *inquiry* em história, química, literatura sem primeiro se conhecer fundamentos dessas áreas de investigação. A resposta para esta questão é o equilíbrio com aprendizagens mais estruturadas usando outros modos de ensino, especialmente o ensino direto.

## 2.2 O papel do professor

O professor de Física para ensinar, como em qualquer outra área disciplinar, tem de ter um conhecimento científico profundo dos assuntos que vai abordar, dando a devida atenção ao papel que a linguagem tem na comunicação. É também relevante conhecer as teorias de aprendizagem para as poder aplicar de acordo com o seu contexto escolar.

*“Ensinar é uma atividade experimental, e, como todas, deve ser baseada em conhecimentos teóricos e experimentais anteriores: a sala de aula pode ser considerada um laboratório, no âmbito do qual os docentes desenvolvem as suas experiências de ensino. Mas neste laboratório “trabalha-se” com seres humanos: é necessário ter sempre presentes e praticar valores relacionados com a ética, com o respeito pelos outros, nomeadamente pelos jovens, bem como por povos e culturas diferentes.” (de Almeida 2018, p. 111).*

Os modos de ensinar têm de ser do domínio dos docentes para que tenham em sua posse todas as ferramentas conducentes a uma prática pedagógica frutífera - ensino direto, diálogo, discussão-ação e experiências, pesquisas (*inquiry*) diferentemente orientadas - assim como as opções de trabalho - individual, em grupo ou para toda a turma. (Skinner, 2010, citado por de Almeida 2018).

Outro aspeto muito importante durante a construção da aprendizagem é a identificação dos modelos mentais que os alunos já possuem antes da instrução.

*“O professor deve desenvolver as suas capacidades para produzir evidências que convençam os alunos da existência dos “modelos mentais” próprios de cada um sobre o comportamento da natureza, mostrando-lhes que são diferentes uns dos outros, podendo induzir em erro quando pensamos em acontecimentos do dia-a-dia*

*(de Almeida e Martins, 2017); assim, tal como acontece com muitas ideias dos cientistas, os modelos mentais que todos temos antes da aprendizagem científica (Mcdermott; Redish, 1999; Docktor; Mestre, 2014) - as preconcepções, em geral incorretas - devem ser verbalizados, discutidos, melhorados ou substituídos nas escolas (Almeida, 2017), dando lugar à aprendizagem correta da Física. Os professores devem aprender e praticar estratégias para tentar corrigir este efeito desde os primeiros contactos dos jovens alunos com a Física” (de Almeida 2018, p.112).*

Segundo Redish (1994) uma das dificuldades detetadas na disciplina de Física é que a aprendizagem dos modelos físicos implica que os alunos utilizem uma variedade de modalidades e que as transformem em outras: leitura e escrita, interpretação gráfica e de tabelas, equações, diagramas e mapas. A Física exige a capacidade de transpor do geral para um caso específico e o inverso. Estas características fazem com que a disciplina seja difícil para os alunos, o que se verifica em Portugal, sobretudo nos primeiros níveis escolares (sétimo, oitavo e nono ano).

Para Moran (2000), numa educação inovadora o papel do professor deve ajustar-se ajudando o aluno, por um lado, a gerir a informação de que dispõe na visão sobre o mundo e por outro lado:

*“(...) o professor provoca o aluno, o ‘desorganiza’, o desinstala, o estimula a mudanças, a não permanecer acomodado na primeira síntese.”(p. 139)*

A informação que o aluno dispõe é recebida, processada e devolvida ao professor, através da linguagem - utilização correta das palavras com adequação ao contexto científico.

*“A comunicação oral e escrita eficaz é tão importante em todas as facetas da vida que os professores de todas as disciplinas e de todos os níveis de ensino devem considerá-la uma das prioridades para todos os alunos. Para além disso, os professores de ciências devem salientar a clareza de expressão, porque as*

*provas científicas e a réplica inequívoca a estas não podem ser compreendidas sem algum esforço de expressão rigorosa dos processos, das descobertas e das ideias de cada um e de descodificação das explicações de outrem.” (Costa 2010)*

Para de Almeida (2018) o professor deve ter consciência da importância da linguagem na aprendizagem dos conceitos da Física, sobretudo pelo uso de palavras familiares com significado científico diferente daquele que os alunos lhes atribuem.

### *2.3 Competências pedagógicas*

Shulman, 1987 e uma comunicação de Almeida (2015), citados por de Almeida e Martins (2017), enunciou um mínimo de sete competências que deviam ser desenvolvidas na formação de professores, focando a sua comunicação numa competência fundamental “*o conhecimento pedagógico do conteúdo, a mistura especial de conteúdo e pedagogia que apenas os professores possuem, e que fundamenta a forma muito própria de compreensão das atividades docentes pelos professores eficazes (em inglês Pedagogical Content Knowledge, PCK).*” Esta competência resume um conjunto de conteúdos científicos e pedagógicos que torna o professor capaz de promover a aprendizagem eficaz dos alunos. Kulgemeyer e Riese (2018) desenvolveram um estudo no qual realizaram um teste de desempenho para inferirem sobre o impacto do conhecimento profissional na qualidade do ensino. Simularam uma situação particular de ensino num ambiente controlado com os professores (número de inquiridos - 5109) matriculados em cursos de formação de professores. Concluíram que o conhecimento pedagógico do conteúdo melhorou a qualidade da explicação.

Como resultado de um encontro entre os grupos de trabalho do projeto europeu HOPE, Horizons in Physics Education, em 2015, na Letónia, foi



apresentado um conjunto de seis componentes que constituem as competências pedagógicas que melhor definem um professor, e são citadas em de Almeida (2015). A primeira competência apresentada relaciona-se com a visão holística dos conceitos fundamentais de Física que, durante as aulas, terão de ser transpostos para outros contextos. A autora defende que a segunda competência é a capacidade de promover a compreensão significativa de conceitos abstratos através de exemplos simples, do quotidiano do aluno recorrendo, se necessário, a analogias. Segue-se a capacidade de planear e executar atividades, nos diferentes níveis letivos, de tal modo que potenciem a motivação e a compreensão significativa, nomeadamente promovendo atitudes de *inquiry* nos alunos. A quarta competência diz respeito à capacidade de avaliar formativamente os alunos, detetando as eventuais fragilidades nos conhecimentos que os alunos já possuem - preconceções - e executar estratégias tais que permitam a sua correção. A capacidade de rentabilizar os trabalhos de grupo, com a criação de discussões construtivistas é a quinta competência. A última relaciona-se com a capacidade de refletir sobre a Física, os seus métodos e aspetos epistemológicos.

Este conjunto de competências foi validado pelos presentes no referido encontro e defende-se que são as bases de conhecimentos e capacidades que um professor eficaz deve abranger.

### **3 Atividades em sala de aula**

A realização de experiências tem sido considerada fundamental para a construção de uma aprendizagem consistente da Física. Séré et al (2003) defendem que as atividades experimentais permitem ao aluno atribuir sentido à linguagem, potenciam a autonomia e introduzem o aluno no processo de investigação científica, possibilitando a análise crítica dos resultados.

Esperança (2011), considerando que a realização de experiências em sala de aula, é crucial sintetiza os motivos que fundamentam a sua realização:

*“Os motivos que justificam a aplicação das actividades laboratoriais nas escolas e que têm sido defendidos por Hodson (1994; 2000), Wellington (2000), Pro Bueno (2000), Leite (2001), Sacadura (2001) e Hofstein & Lunetta (2004), dividem-se em seis grupos:*

- 1. Desenvolver atitudes favoráveis face à Ciência e à aprendizagem das ciências (motivação, interesse, etc.);*
- 2. Desenvolver atitudes científicas, (objetividade, persistência, criatividade, ponderação, respeito pela opinião dos outros, etc.);*
- 3. Melhorar a aprendizagem conceptual (conhecimento e compreensão de conceitos e teorias);*
- 4. Promover a aprendizagem da metodologia científica o que, por um lado, inclui a aprendizagem de competências e técnicas laboratoriais (conhecimento procedimental) e, por outro, a de capacidades de investigação para a resolução de problemas;*
- 5. Desenvolver hábitos de pensamento científico, ou seja, desenvolver métodos de raciocínio vocacionados para a investigação científica;*
- 6. Compreensão da natureza da Ciência.” (p.14)*

Leite e Esteves (2004) citam Wellington e afirma que existem três tipos de argumentos que justificam a realização de atividades: cognitivos, afetivos e associados a capacidades/habilidades. Porém, os resultados nem sempre são os esperados, ao nível da aprendizagem, nomeadamente no que diz respeito à ligação entre as componentes conceptual e procedimental. Hodson (1994) explicou que esta

divergência pode ser resultado da ausência de reflexão, após as atividades, por parte dos professores, e em consequência, também pelos alunos. Defende que por vezes as atividades são vistas como conducentes à aprendizagem automática dos conceitos abrangidos, havendo fraca rentabilização do tempo disponibilizado na realização.

Esperança (2011) cita Tamir (1991) para indicar a importância do papel do professor na rentabilização das atividades: *“o professor é indubitavelmente o fator chave na realização do potencial do laboratório”*.

Esta dependência está diretamente relacionada com o modo como as atividades são preparadas e conduzidas:

*“Uma abordagem com orientações mínimas pode ser entendida como uma aprendizagem por descoberta (Papert, 1980, Rutherford, 1964) ou como aprendizagem experiencial (Boud, Keogh e Walker, 1985; Kolb e Fry, 1975), com um conteúdo aberto que se organiza em função dos acontecimentos do meio envolvente e da vida quotidiana.”* (Esperança, 2011, p.15)

Kirschner et al (2006) referem que as atividades de *inquiry* não guiadas, ou minimamente orientadas, são menos eficazes e eficientes para os estudantes do que as abordagens instrucionais orientadas, porque ignoram as estruturas que constituem a arquitetura cognitiva humana.

Estes autores consideram que a ausência de orientação não é compatível com o processamento cognitivo necessário para produzir a aprendizagem.

Schmidt et al (2007) defendem que uma estrutura menos guiada se foca, principalmente, na aplicação flexível do conhecimento, promovendo no aluno capacidades para aplicar a aprendizagem a situações novas, enquanto que a instrução direta se desenvolve mais na aplicação direta do conhecimento em tarefas de repetição.

Existe alguma controvérsia no modo como se designam as diferentes tarefas em sala de aula. Para Carvalho et al (2013) são caracterizadas do seguinte modo:

*“Trabalho ou atividade prática - tarefa realizada pelos alunos, manipulando recursos e materiais diversificados, dentro e fora da sala de aula.*

*Trabalho ou atividade laboratorial - trabalho prático realizado em laboratório.*

*Trabalho experimental - trabalho prático que envolve controlo de variáveis, seja na forma de experiência guiada, seja em formato investigativo.” (p.38)*

Quando o professor realiza as atividades, com ou sem a ajuda dos alunos, permitindo ou não a discussão sobre o que se está a fazer e sobre os conceitos envolvidos, está a executar uma demonstração, a qual geralmente é associada a métodos expositivos (Miguéns, 1991). Aqui o professor assume o papel principal, desde a execução ao registo de observações e formulação de questões. O papel dos alunos está concentrado na observação e descrição do fenómeno, perante um processo fechado promovido pelo professor. Este processo estruturado tem vantagens ao nível do reforço do conhecimento conceptual (Leite, 2000).

Relativamente às atividades laboratoriais podem ser de três tipos: guiadas, orientadas ou abertas. As guiadas são realizadas após a teoria e conduzem o aluno na procura de uma única resposta correta, num processo fechado de verificação/comprovação (Miguéns, 1999). O professor controla todo o processo à exceção da execução do protocolo experimental (Almeida, 2000). Nas atividades abertas os alunos testam as previsões que eles próprios definem, explicam, refletem sobre os resultados e confrontam-nos com as previsões iniciais. (Wellington, 2000). O aluno é confrontado com o problema, do qual desconhece a solução e o procedimento a seguir para o resolver (Leite, 2001). Ainda de acordo com esta autora, o grau de abertura pode ser determinado em relação ao grau de participação dos alunos nas várias etapas da atividade.

As atividades abertas, com componente investigativa, são a estratégia menos usada por professores, sobretudo pela falta de preparação. Matos e Morais (2004) reforçam a necessidade de integrar na formação contínua de professores a implementação de atividades de natureza investigativa.

Entre as duas estratégias opostas, atividades guiadas (estruturadas) e abertas, existem as orientadas. Este tipo de abordagem é útil para os alunos sedimentarem conhecimentos anteriormente adquiridos, eventualmente por ensino direto. Permite uma evolução de competências processuais (na execução das tarefas), atitudinais (na dinâmica do trabalho de grupo) e cognitivas. (Esperança et al, 2013)

Seja qual for o tipo de abordagem das atividades, a definição dos objetivos que se pretendem alcançar deve ser cuidadosa e de acordo com as capacidades de aprendizagem dos alunos para a sua realização seja pedagogicamente útil. Uma proposta demasiado ambiciosa, procurando alcançar vários objetivos na mesma atividade pode ser um erro porque dificilmente serão atingidos todos. (Leite, 2000).

No estudo apresentado desenvolveram-se atividades orientadas, práticas e experimentais, rigorosamente ajustadas às competências e domínios conceituais do público alvo - alunos do oitavo ano de escolaridade.

#### 4 Aprender por *inquiry*

Atividades de investigação, baseadas em situações problema, são um modo de introduzir os métodos de investigação científica na sala de aula (Miguéns, 1999).

Atividades do tipo *inquiry* são aquelas que procuram sensibilizar os estudantes acerca da natureza investigativa da ciência, promovendo a procura ativa de respostas e a compreensão para satisfazer uma vontade intrínseca de aprender. Os estudantes têm de procurar “... explicações

*aceitáveis para os fenómenos acerca dos quais sentem curiosidade"* Novak (1964).

A educação científica baseada em *inquiry* compreende experiências que permitem aos alunos desenvolver a compreensão sobre os aspetos científicos do mundo ao redor através do desenvolvimento e uso de habilidades de pesquisa. Segundo Allende (2009) o método *inquiry* envolve:

*"... fazer observações; fazer perguntas; examinando livros e outras fontes de informação para ver que o já é conhecido; investigações de planeamento; revendo o que já é conhecido à luz de evidências experimentais; usando ferramentas recolher, analisar e interpretar dados; propondo respostas, explicações e previsões; e comunicando os resultados. (NRC 1996: 23)"* (p.11)

O envolvimento dos alunos nos métodos de investigação científica é encarado, por este autor, como um elemento essencial para o desenvolvimento de competências científicas. O conhecimento é construído através da experimentação, discussão de ideias com professores e colegas e interação direta com o fenómeno científico. Indica que o método estava à data do artigo a ser estudado em mais de trinta países, com resultados de impacto maioritariamente positivo. Identifica ainda os obstáculos que os professores apresentaram na aplicação da metodologia: falta de confiança sobre os conhecimentos do domínio científico do assunto, necessidade de preparar alunos para exames que avaliam apenas conhecimento factual, falta de tempo aliada a um currículo demasiado extenso, turmas com elevado número de alunos e inadequação dos recursos disponíveis.

Entre 1984 e 2002, Minner et al (2010), tentaram responder à questão: "Qual é o impacto da instrução da ciência por *inquiry* nos alunos do Ensino Básico e Secundário?". Verificaram uma tendência positiva na utilização de estratégias promotoras de uma dinâmica de perguntas, com ênfase no pensamento do aluno e que o conduza à reflexão sobre

os dados obtidos. As que envolviam ativamente os alunos no processo de aprendizagem, utilizando o método de investigação científica, revelaram-se mais propensas a aumentar a compreensão conceitual do que as estratégias que dependiam de técnicas passivas, ainda que estas se tenham revelado muitas vezes necessárias no ambiente educacional de avaliação padronizada. A comparação dos resultados da prática laboratorial, nas quais o aluno assumia responsabilidades na sua condução, revelou que mais de metade dos inquiridos obtiveram resultados mais significativos nas de maior autonomia.

Wilson et al (2010) também analisaram o resultado na aprendizagem de um grupo de alunos sujeito a aulas de acordo com uma metodologia *inquiry*. Este grupo de alunos atingiu níveis significativamente mais altos de realização do que os alunos da turma controlo, nomeadamente ao nível do raciocínio, conhecimento e argumentação.

Ebenezer et al (2011), citam o National Research Council, 1996, para afirmar que vários peritos em educação, dos Estados Unidos, acreditam que a ciência por *inquiry* é a base da aprendizagem científica. No estudo que estes autores desenvolveram, com a duração de mais de três anos e uma amostra de 125 alunos do ensino secundário, testaram a capacidade de investigação e pesquisa, como consequência da participação em projetos de investigação científica. Os resultados apresentam bons indicadores para o desenvolvimento da capacidade dos alunos no que diz respeito à aptidão para a concretização de ligações lógicas entre os factos e as explicações científicas, a capacidade de argumentação e de exposição do raciocínio. Apresentam também relevância quanto ao papel dos professores, nomeadamente na sua participação na capacidade de estruturação do pensamento dos alunos sobre a credibilidade e qualidade dos resultados obtidos.

No mesmo ano, Fogleman et al (2011) apresentam o resultado de uma investigação com 19 professores de ciências do ensino médio, que guiaram as suas aulas segundo orientações *inquiry*. As adaptações, ao nível do tempo e grau de abertura das atividades realizadas, conduziram a resultados consideráveis na aprendizagem alcançada pelos alunos, indicados pelos autores como sugestivos da importância do modo como os professores preparam a estrutura de cada atividade.

O resultado, dos diversos estudos realizados sobre este tema, parece indicar que quando os alunos estão envolvidos no processo investigativo, determinados a encontrar significado, participam ativamente no desenvolvimento e reestruturação dos seus esquemas mentais e há uma melhoria no desenvolvimento das suas competências laboratoriais, incluindo utilização de gráficos e interpretação de dados. A metodologia *inquiry* é dependente da curiosidade: não há investigação autêntica nem aprendizagem significativa se não existir um espírito interrogativo em busca de uma resposta, solução, explicação ou decisão.

O maior ou menor efeito que a metodologia *inquiry* tem no desempenho dos alunos depende do seu desenvolvimento cognitivo (Germann, 1989). Viennot, em 2010, pretendeu descobrir como maximizar os benefícios da aprendizagem *inquiry* (*Inquiry Based Science Education - IBSE*), no ensino da Física, em termos de realizações conceituais, mantendo o potencial motivacional. Afirma que os benefícios de aprendizagem não são maiores do que os verificados com o ensino tradicional e parece revelar alguma apreensão em relação aos estudos que apontam como indiscutível uma melhoria de aprendizagem significativa.

Euler (2004), citado por Viennot (2010), relembra que as evidências experimentais são apenas o início do caminho que é necessário percorrer para o conhecimento. Também Scott (2009), citado por Viennot (2010) revelou preocupações com a tendência imediata de classificar os métodos utilizados no ensino tradicional de modo depreciativo e o *inquiry* como inovador e assertivo. Refere ainda que as duas formas de ensinar podem ser úteis e não têm que se excluir mutuamente. Viennot considera pertinente que os alunos alcancem um determinado nível de satisfação intelectual nas atividades que realizam, favorecendo uma estrutura conceptual que saliente as ligações entre fenómenos e leis.

Para além das vantagens ao nível do desenvolvimento de competências e de uma aprendizagem significativa nos alunos, Allende (2009) considera existirem também vantagens para o professor. Essas vantagens são, entre outras, aumento de competências de avaliação dos alunos, uma maior compreensão sobre o modo como os alunos aprendem e qual o seu papel, um aprofundamento do seu próprio conhecimento (através da condução de diferentes formas de investigação). Afirma-se



como uma estratégia de investigação que desafia alunos e professores a desenvolverem as suas capacidades.

Na investigação apresentada nesta tese e utilizada com alunos do oitavo ano criaram-se atividades de acordo com uma estrutura do tipo *inquiry* estruturado, antecedida de aulas com os métodos tradicionais para fornecerem aos alunos as necessárias ferramentas que lhes permitam tirar proveito das atividades. Pretendeu-se criar situações potenciadoras de um desenvolvimento de competências cognitivas, atitudinais e processuais, especificamente de observação e de autonomia, segundo uma metodologia de desenvolvimento de trabalho científico. Esta organização deverá gerar nos alunos um espírito curioso e inquiridor, na busca das respostas e na vontade de aprender, tendo como consequência uma aprendizagem inicial da Física que se revele mais eficaz.

## **5 A Investigação ação na formação contínua dos professores**

Coutinho et al (2009) referem a importância de se estabelecer, nas escolas, uma cultura colaborativa entre os professores, como estratégia de desenvolvimento profissional e formação profissional, tornando-se fator decisivo para o sucesso das reformas educativas. Afirmam:

*“ (...) a investigação ação regressa de imediato à ribalta para se afirmar como a metodologia mais apta a favorecer mudanças nos profissionais e/ou instituições educativas que pretendem acompanhar os sinais dos tempos, o que só é possível quando toda uma comunidade educativa se implica num mesmo dinamismo de ação e intervenção.(...) Sabendo que a metodologia da investigação ação alimenta uma relação simbiótica com a educação, que é a que mais de aproxima do meio educativo sendo mesmo apresentada como a metodologia do professor como*

*investigador (Latorre, 2003, p.20) e que valoriza, sobretudo, a prática, tornando-a, talvez, o seu elemento chave (..)” (p.356 e 357)*

Esperança, 2011, cita vários autores para caracterizar este tipo de investigação:

*“Para (Kemmis e Mc Taggart,1998; Zuber-Skerritt,1992; Cohen e Manion, 1994; Descombe, 1999; Elliot, 1991; Cortesão 1998 - citados por Coutinho et al, 2009) as principais características da investigação ação são:*

- participativa e colaborativa: envolve todos os intervenientes no processo pois todos são co executores na pesquisa;*
- prática e interventiva: não se limita a descrever uma realidade mas imiscui-se nela;*
- cíclica: permanente entrelaçar entre a teoria e a prática;*
- crítica: os co investigadores mudam durante o processo e vão evoluindo com ele;*
- auto avaliativa: numa perspetiva de adaptabilidade”*

Esta estratégia de investigação apresenta uma relação contínua entre a ação e a reflexão, permitindo uma construção sobre a realidade dinâmica. Leal et al, 2010, consideram a investigação ação como um processo que:

- “i) gera conhecimentos sobre a realidade, aumentando a tomada de consciência dos problemas da sala de aula;*
- ii) potencia o questionamento dos contextos/ambientes de aprendizagem e das práticas, predispondo o professor para a mudança de comportamentos e atitudes;*

*iii) altera os valores e crenças pessoais dos professores, alargando as suas perspetivas relativamente ao processo de ensino-aprendizagem;*

*iv) altera a representação das capacidades e papéis pessoais, reforçando a auto confiança e a auto estima do professor;*

*v) e promove a harmonização entre a teoria e a prática, facilitando a transformação do cenário de aprendizagem (o currículo, o método de ensino e o clima da escola), no sentido de capacitar os alunos para descobrir e desenvolver, por si mesmos, o seu poder e as suas capacidades” (p.121)*

A perspetiva de reflexão e de adaptabilidade é contrária à noção de professor apenas como um especialista em técnicas e teorias científicas. (Latorre, 2003, citado por Coutinho et al 2009).

Quando o professor questiona as suas estratégias de ensino, numa lógica de reflexão ação reflexão permanente e sistemática, está a cientificar o seu ato educativo, ou seja, torná-lo mais informado, mais sistemático e mais rigoroso. A partilha dos seus resultados com os alunos e com os pares, dá início a um processo dinâmico, motivador e responsabilizante dos vários mediadores do processo educativo (Sanches 2005).

*“Uma metodologia centrada na investigação ação permite-nos operacionalizar uma diferenciação curricular e pedagógica inclusiva ao invés de uma diferenciação que retoma e reforça a uniformidade, a exclusão” (p.140)*

Coutinho et al (2009) resumem a principal característica da investigação ação que a faz contribuir para alterações efetivas na prática pedagógica dos docentes:

*“O essencial na I-A é a exploração reflexiva que o professor faz da sua prática, contribuindo dessa forma não só para a resolução de problemas como também (e principalmente!) para a planificação e introdução de alterações dessa e nessa mesma prática. “(p.360)*

A investigação ação como estratégia formativa dos professores tem vertentes importantes a considerar no desenvolvimento da prática de ensino. Segundo Alarcão (2001) o conceito de professor investigador:

*“(..) tem hoje plena atualidade, nomeadamente no nosso país, onde a conceção atual de currículo e de gestão curricular reclamam que o professor seja não um mero executor de currículos previamente definidos ao milímetro, mas um decisor, um gestor em situação real e um intérprete crítico de orientações globais. Exige-se hoje ao professor que seja ele a instituir o currículo, vivificando-o e co-construindo-o com os seus colegas e os seus alunos, no respeito, é certo, pelos princípios e objetivos nacionais e transnacionais. Exige-se, mas ao mesmo tempo, confia-se-lhe essa tarefa, acreditando que tem capacidade de a executar.” (p.22)*

Numa perspetiva cada vez mais exigente em que ao professor é imposta uma constante atualização e inclusão de todos as diferentes especificidades do contexto escolar, a formação surge como uma oportunidade de preparação para uma tarefa em evolução. O Ministério da Educação regulou a atividade formativa através do Decreto-Lei n.º 242/92 de 9 de novembro (com as alterações introduzidas pela Lei n.º 60/93 de 20 de Agosto e pelo decreto-lei n.º 274/94 de 28 de Outubro) no qual se podem analisar os objetivos dessa formação:

*“a melhoria da qualidade do ensino, através da permanente atualização e aprofundamento de conhecimentos, nas vertentes teórica e prática; o aperfeiçoamento da competência profissional e pedagógica dos docentes nos vários domínios da sua atividade; o incentivo à autoformação, à prática de investigação e à inovação educacional; a viabilização da reconversão profissional, permitindo uma maior*

*mobilidade entre os diversos níveis e graus de ensino e grupos de docência"*

Para Vieira e Martins (2018) a escola, que se tem afirmado como um meio sólido de empreendimento das sociedades modernas, tem perspectivado a formação ao longo da vida como uma prioridade:

*“A formação ao longo da vida tem sido encarada como uma realidade para que todas as profissões possam responder aos desafios da contemporaneidade. (...) a formação continuada de professores, no quadro de uma aprendizagem ao longo da vida, articulada e coerente, é considerada relevante para o desenvolvimento profissional dos professores no contexto curricular e organizacional das escolas onde desenvolvem a sua atividade e está também ligada à inovação educativa (Alonso, 2007). Trata-se, como tem sido reiterado mais insistentemente nos últimos 20 anos por investigadores como Cachapuz (1997), de integrar os professores que vivem o seu cotidiano profissional na escola, em redes e grupos de investigação, na procura de conceções e práticas mais de acordo com os referentes que colhem da e na investigação que se vai desenvolvendo nesses contextos de modo a interligar inovação/ investigação/ formação.” (p.217 e 218)*

É unanime que a formação é uma mais valia, ou até mesmo imprescindível, na valorização do crescimento profissional e pessoal. Contudo nem sempre a oferta disponível está de acordo com as necessidades:

*“No entanto, apesar de, em alguns países, a formação contínua de professores ser oficialmente considerada um direito e, simultaneamente, um dever dos docentes, nem sempre é reconhecida por estes como algo em que vale a pena envolverem-se ou nem sempre a formação contínua disponível é compatível com os interesses e as necessidades sentidas pelos professores.” (p.235)*

Para que a formação possa ser considerada útil deve ser vista pelos professores como promotora da sua consolidação profissional, especialmente no que se refere ao aumento da qualidade das aprendizagens dos seus alunos. Para Silva e Araújo (2005) a formação contínua:

*“(...) deve incentivar a apropriação dos saberes pelos professores, rumo à autonomia, e levar a uma prática crítico-reflexiva, abrangendo a vida cotidiana da escola e os saberes derivados da experiência docente” (p.5)*

Nesta investigação desenvolveu-se um projeto em que os professores foram também os investigadores, numa estrutura pré-definida pela equipa proponente, mas sucessivamente alterável em função dos resultados que vão sendo obtidos pelos alunos. De acordo com Costa e Oliveira (2015)

*“Um professor investigador é um questionador. (...) Nesta perspetiva deve repensar-se e reestruturar-se a formação de professores com esta orientação pela investigação, no intuito de melhorar a qualidade”. (p.185)*

## 6 Trabalho de grupo

A utilização de trabalho colaborativo, nas aulas de ciências, tem sido defendida por autores como Solomon (1987), Roth (1993) ou Wellington e Osborne (2001) - citados por Bruno e Santos, 2010.

Arens (1995) indica os procedimentos específicos descritos por Dewey no envolvimento dos alunos, enfatizando a organização em pequenos grupos, que procuravam as suas respostas através da interação com os seus pares. Dewey referia que a sala de aula devia ser um laboratório que permitia o estudo e pesquisa de problemas interpessoais e sociais importantes. Para Dewey e Thelen, referidos pelo mesmo autor, a vantagem do trabalho colaborativo ultrapassou a aprendizagem escolar.

*“O comportamento e os processos cooperativos eram entendidos como essenciais para o empreendimento humano, ou seja, como as fundações sobre as quais a comunidades democráticas sólidas se poderiam construir e manter” (p.366)*

César (2003) indica que quando existe trabalho entre pares, quer estes sejam do mesmo nível ou não, o progresso para além de ser no domínio cognitivo é sobretudo na socialização, na modificação de atitudes académicas e do domínio dos afetos.

A partilha entre alunos do mesmo grupo poderá motivar em cada aluno um confronto interno entre dois fatores: pré requisitos individuais (estado inicial de cada um para a realização da tarefa); e dinâmica interativa durante a co resolução da tarefa pela necessária negociação de resposta (Gilly, 2001).

Os efeitos que resultam do confronto entre a cooperação e a competição têm sido alvo de estudo desde o início do século XX, mostrando que as estruturas pedagógicas orientadas para a cooperação têm resultados mais positivos do que as competitivas (Arens, 1995).

Neste sentido, a investigação proposta irá desenvolver-se numa estratégia de cooperação, em que os alunos exploram cada tarefa em conjunto, coordenando os seus esforços para a completar e negociando os resultados que vão apresentar. Além dos efeitos nas aprendizagens, considera-se fundamental que os alunos tenham a oportunidade, durante o seu percurso escolar, de desenvolver competências de cooperação e colaboração, fundamentais para a sua estruturação enquanto adultos.

## **7 Ensinar Física no Ensino Básico**

A educação em ciência, vital para o exercício da cidadania de maneira plena, tem uma perspetiva não só académica, mas, numa visão mais atual, deve também relacionar-se com os interesses quotidianos e pessoais dos alunos que se consideram ser potenciadores de maior motivação. Essa abordagem, de acordo com Cachapuz et al (2002) permitirá que os alunos passem a:

*“(..) perceber os conteúdos enquanto meios necessários ao exercício do pensar, tendo ainda outras finalidades expressas que não se ligam apenas a produtos acabados do saber, assim como a uma avaliação de índole classificatória. Trata-se de mudar atitudes, bem como processos metodológicos e organizativos de trabalho. A informação que se procura nasce mais na discussão dos alunos com a ajuda do professor e menos de um processo curricular muito estruturado e exaustivo. Os problemas amplamente discutidos na aula nascem de problemáticas mais abertas, com raízes ou incidências sociais fortes, que a pouco e pouco se vão delimitando e preparando para o exercício de pesquisa partilhada,*



*quer intragrupal, quer intergrupalmente. Trata--se de envolver cognitiva e afetivamente os alunos, sem respostas prontas e prévias, sem conduções muito marcadas pela mão do professor, caminhando-se para soluções provisórias, como resposta a problemas reais e sentidos como tal, de conteúdo inter e transdisciplinares cultural e educacionalmente relevantes.” (p. 134)*

Ainda de acordo com os mesmos autores, o resultado de estudos internacionais recentes sobre os objetivos da formação dos jovens, com ênfase naqueles que não prosseguem os seus estudos, apontam para a:

*“ (...) necessidade de uma nova orientação para o ensino das ciências cujo objetivo primordial é a compreensão da ciência, da tecnologia e do ambiente, das relações entre umas e outras e das suas implicações na sociedade e, ainda, do modo como os conhecimentos sociais se repercutem nos objetos de estudo da ciência e da tecnologia. A Educação em Ciência, em termos de finalidades, deixará pois de se preocupar somente com a aprendizagem de um corpo de conhecimentos ou de processos da Ciência, mas antes garantir que tais aprendizagens se tornarão úteis (...) para o desenvolvimento pessoal e social dos jovens, num contexto de sociedades tecnologicamente desenvolvidas que se querem abertas e democráticas” (p. 134)*

Para que o ensino das ciências se torne útil, poderão ter de ser realizadas alterações no modo de ensinar, de acordo com o panorama educativo. Segundo Leal et al (2010), cabe ao professor a adaptação das diretrizes do Ministério da Educação ao seu contexto escolar, o que envolve a capacidade de produzir, prever e corrigir:

*“.. as situações-problema: ao nível e às possibilidades dos seus alunos, guiando a ação didática e de regulação de modo a não marginalizar aqueles que experimentam mais dificuldades na aprendizagem e a proporcionar-lhes oportunidades efetivas de aquisição de conhecimento e de desenvolvimento das competências requeridas para cada nível de ensino”*  
(p.120)

Os alunos precisam ser confrontados com situações que os obriguem a pensar, refletir e compreender as várias dimensões de um fenómeno. A criatividade exigida a um aluno, no ensino básico, deve ser entendida como a introdução de novos contextos aos quais o aluno tem de responder com os conhecimentos que já possui.

Em Portugal desenvolveram-se alguns estudos sobre as consequências nas aprendizagens dos alunos depois da realização de atividades experimentais, e também sobre a perceção que os professores têm do tipo de aprendizagem que estas promovem.

Com o objetivo de descobrir como as representações das práticas dos professores, em relação às atividades laboratoriais, se comparam às suas perspetivas na forma ideal de implementá-las, foi realizado um estudo por Dourado et al (2017). Os dados recolhidos, através de um questionário online a 159 professores, parecem revelar alguma contradição nas respostas dos professores: revelam que estão habituados a utilizar as atividades laboratoriais nas suas aulas, mas a seguir indicam que as fazem uma vez a cada dois meses. A maioria dos professores não sente a necessidade de mudar as suas práticas em relação às atividades laboratoriais, mas quando o faz não expressa razões fundamentadas para fazê-lo. Estes autores citam Abrahams, Reiss and Sharpe (2013) para indicarem que poderá ser necessário alterar as diretrizes relacionadas com as atividades para que se possam promover de facto mudanças no ensino.

Um outro estudo desenvolvido por Matos e Morais (2004), analisou as práticas pedagógicas sobre o trabalho experimental com alunos do oitavo e nono ano, na disciplina de Ciências Físico-Químicas. Entre

outros aspetos focaram-se as perceções das professoras acerca do trabalho experimental de natureza investigativa, indicando que um dos resultados:

*“...foi o facto de as professoras da amostra não terem proposto aos seus alunos a realização de trabalhos experimentais de natureza investigativa. Acreditavam que a realização de investigações tinha vantagens sobre a realização de trabalho experimental de outra natureza, mas expressaram também algumas preocupações, razões pelas quais não as realizavam nas suas aulas. A investigação educacional aponta no sentido de uma mudança de práticas de trabalho experimental relativamente aos resultados obtidos neste estudo.” (Matos e Morais, 2004, p.30)*

Alguns resultados apontam o trabalho laboratorial, quer no Ensino Básico, quer no Ensino Secundário, com uma estrutura fechada, apoiados por protocolos rígidos que os alunos seguem, mais ou menos, mecanicamente (Leite, 2004). Este tipo de organização, das atividades laboratoriais, é colocado em causa sobretudo na interligação entre a parte conceptual e experimental. Para que os objetivos pretendidos sejam alcançados é necessário que este tipo de metodologia não se confunda com uma mera execução do procedimento laboratorial (Leite, 2000).



## CAPÍTULO III

### FUNDAMENTOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

## 1. Fundamentos para a Investigação

### 1.1 *Documentos oficiais*

Durante esta investigação e até muito recentemente, os documentos emanados pelo Ministério da Educação para regular a disciplina de Ciências Físico - Químicas são: as **Competências Essenciais para o Ensino Básico** (2001) que define as competências específicas e objetivos a alcançar no final da educação básica; **Orientações Curriculares de Ciências Físicas e Naturais do 3º Ciclo** (Freire et al, 2001) que surgem na sequência das **Competências Essenciais**, com a perspetiva de flexibilização curricular “*tentando que o currículo formal possa dar lugar a decisões curriculares que impliquem práticas de ensino e aprendizagem diferentes.*” (p.4); e finalmente **Metas de Aprendizagem** (Fiolhais et al, 2013), que se organizam em domínios de referência divididos em subdomínios (organizadores de aprendizagem).

A análise das **Orientações Curriculares** deve ter em conta a ênfase na gestão curricular, de acordo com as recomendações do Conselho Nacional de Educação (Parecer nº 2/2000 citado in Freire et al, 2001):

*“A autonomia pedagógica, nomeadamente através da elaboração de projetos educativos, é também condição de flexibilização curricular, para que os professores ajam mais como produtores do que como consumidores de currículo’ (ponto 19, p. 7) e ainda (... ) tão importante como a definição de uma matriz de aprendizagens, é o modo como essas aprendizagens são desenvolvidas. A tónica não deve ser posta apenas na extensão e nos conteúdos dos programas, mas no modo como se gere um currículo’ (ponto 27, p. 9). “(p.4)*

Na temática Produção e Transmissão do Som, de acordo com as **Orientações Curriculares**, os alunos devem conhecer como se produz e deteta o som, as suas características, natureza e aplicações (Freire et al, 2001):

*“Esta temática pode iniciar-se com a identificação de diferentes tipos de sons e de fontes sonoras. Os alunos nestas idades interessam-se por música.*

*Sugere-se que levem para a escola instrumentos musicais (tambor, xilofone, flauta, guitarra, viola) para classificá-los (percussão, sopro ou cordas), atendendo ao modo como os sons são produzidos. Estudar as propriedades dos sons (altura, intensidade e timbre). Também podem pesquisar sobre os instrumentos musicais usados em diferentes regiões do país e ao longo dos séculos, reconhecendo a influência da tecnologia.*

*- Estudar a propagação do som em diferentes meios.*

*Para isso, sugere-se a realização de experiências envolvendo a propagação do som nos sólidos, líquidos e no ar. A realização de experiências no vácuo permite mostrar que o som precisa de um meio material para se propagar.*

*- Planear diferentes experiências com os alunos para determinação da velocidade do som no ar e levá-los, posteriormente, a realizá-las, a elaborar o relatório e a discutir os resultados obtidos. Os alunos devem investigar o que acontece ao som quando incide em diferentes superfícies e quando passa através de meios distintos.*

*- Os alunos podem comparar diferentes materiais, realizando experiências simples (por exemplo, usando sensores), identificando aqueles que são melhores isoladores sonoros. O comportamento dos materiais na*

*transmissão do som pode ser associado à necessidade de isolamento sonoro de casas.*

*- Os alunos podem medir os níveis sonoros nas diversas zonas da escola, usando um sonómetro. É importante discutir os problemas de audição que surgem quando há exposição a fontes sonoras com intensidade elevada, recorrendo-se, se tal for possível, à colaboração de um médico (de acordo com a evidência médica, se se conseguir ouvir música proveniente de um walkman a uma distância de dois metros, pode haver distúrbios auditivos para quem o tiver junto do ouvido).*

*- Sugere-se que os alunos identifiquem aplicações do som no dia-a-dia (rádio, radar, ecografia, sonar) e as expliquem. “ (p.23 e 24)*

As **Orientações Curriculares** sugerem que os alunos realizem pesquisas através da internet, o que levanta a questão sobre a capacidade que terão, neste nível, para decidir sobre as diferentes informações disponíveis.

A realização da atividade experimental para a determinação da velocidade do som pode não contribuir para uma aprendizagem eficaz, neste nível etário, e defende-se que é mais pertinente garantir que os alunos associam movimento ao som e que, usando a linguagem física e o correto significado dos conceitos, possam exprimir as suas ideias sobre os fenómenos ondulatórios como a produção e a propagação das ondas sonoras. A realização de uma atividade deve prever que os alunos tenham os conhecimentos prévios suficientes para a realizar - a linguagem deve ter significados comuns para todos os intervenientes. De acordo com Salvador (2016), citando de Almeida et al (2013):

*“Ser capaz de resolver problemas ou compreender Física - presente na maioria das ações ou problemas do dia-a-dia - pode ser uma atividade compensadora. Mas para fazê-lo, os alunos devem compreender*



*corretamente os conceitos usados e as leis da Física que podem ser aplicadas.” (p.26)*

As **Metas de Aprendizagem** (Fiolhais et al, 2013), não sugerem a realização da atividade experimental para a determinação da velocidade do som e surgem com uma abordagem mais assertiva, identificando os objetivos em quatro assuntos principais:

*“Produção e propagação do som; Som e ondas; Atributos do som e sua detecção pelo ser humano; Fenómenos acústicos “(p. 2)*

*“1. Conhecer e compreender a produção e a propagação do som.*

*1.1 Indicar que uma vibração é o movimento repetitivo de um corpo, ou parte dele, em torno de uma posição de equilíbrio.*

*1.2 Concluir, a partir da observação, que o som é produzido por vibrações de um material (fonte sonora) e identificar as fontes sonoras na voz humana e em aparelhos musicais.*

*1.3 Definir frequência da fonte sonora, indicar a sua unidade SI e determinar frequências nessa unidade.*

*1.4 Indicar que o som se propaga em sólidos, líquidos e gases com a mesma frequência da respectiva fonte sonora, mas não se propaga no vácuo.*

*1.5 Explicar que a transmissão do som no ar se deve à propagação do movimento vibratório em sucessivas camadas de ar, surgindo, alternadamente, zonas de menor densidade do ar (zonas de rarefação, com menor pressão) e zonas de maior densidade do ar (zonas de compressão, com maior pressão).*

*1.6 Explicar que, na propagação do som, as camadas de ar não se deslocam ao longo do meio, apenas transferem energia de umas para outras.*

1.7 Associar a velocidade do som num dado material com a rapidez com que ele se propaga, interpretando o seu significado através da expressão  $v=d/\Delta t$ .

1.8 Interpretar tabelas de velocidade do som em diversos materiais ordenando valores da velocidade de propagação do som nos sólidos, líquidos e gases.

1.9 Definir acústica como o estudo do som

Som e ondas

2. Compreender fenómenos ondulatórios num meio material como a propagação de vibrações mecânicas nesse meio, conhecer grandezas Físicas características de ondas e reconhecer o som como onda.

2.1 Concluir, a partir da produção de ondas na água, numa corda ou numa mola, que uma onda resulta da propagação de uma vibração.

2.2 Identificar, num esquema, a amplitude de vibração em ondas na água, numa corda ou numa mola.

2.3 Indicar que uma onda é caracterizada por uma frequência igual à frequência da fonte que origina a vibração.

2.4 Definir o período de uma onda, indicar a respetiva unidade SI e relacioná-lo com a frequência da onda.

2.5 Relacionar períodos de ondas em gráficos que mostrem a periodicidade temporal de uma qualquer grandeza Física, assim como as frequências correspondentes.

2.6 Indicar que o som no ar é uma onda de pressão (onda sonora) e identificar, num gráfico pressão-tempo, a amplitude (da pressão) e o período.

Atributos do som e sua deteção pelo ser humano

*3. Conhecer os atributos do som, relacionando-os com as grandezas Físicas que caracterizam as ondas, e utilizar detetores de som.*

*3.1 Indicar que a intensidade, a altura e o timbre de um som são atributos que permitem distinguir sons.*

*3.2 Associar a maior intensidade de um som a um som mais forte.*

*3.3 Relacionar a intensidade de um som no ar com a amplitude da pressão num gráfico pressão-tempo.*

*3.4 Associar a altura de um som à sua frequência, identificando sons altos com sons agudos e sons baixos com sons graves.*

*3.5 Comparar, usando um gráfico pressão-tempo, intensidades de sons ou alturas de sons.*

*3.6 Associar um som puro ao som emitido por um diapasão, caracterizado por uma frequência bem definida.*

*3.7 Indicar que um microfone transforma uma onda sonora num sinal elétrico.*

*3.8 Comparar intensidades e alturas de sons emitidos por diapasões a partir da visualização de sinais obtidos em osciloscópios ou em programas de computador.*

*3.9 Determinar períodos e frequências de ondas sonoras a partir dos sinais elétricos correspondentes, com escalas temporais em segundos e milissegundos.*

*3.10 Concluir, a partir de uma atividade experimental, se a altura de um som produzido pela vibração de um fio ou lâmina, com uma extremidade fixa, aumenta ou diminui com a respetiva massa e comprimento.*

*3.11 Concluir, a partir de uma atividade experimental, se a altura de um som produzido pela vibração de uma*

*coluna de ar aumenta ou diminui quando se altera o seu comprimento.*

*3.12 Identificar sons complexos (sons não puros) a partir de imagens em osciloscópios ou programas de computador.*

*3.13 Definir timbre como o atributo de um som complexo que permite distinguir sons com as mesmas intensidade e altura mas produzidos por diferentes fontes sonoras*

*4. Compreender como o som é detetado pelo ser humano.*

*4.1 Identificar o ouvido humano como um recetor de som, indicar as suas partes principais e associar-lhes as respetivas funções.*

*4.2 Concluir que o ouvido humano só é sensível a ondas sonoras de certas frequências (sons audíveis), e que existem infrassons e ultrassons, captados por alguns animais, localizando-os no espetro sonoro.*

*4.3 Definir nível de intensidade sonora como a grandeza Física que se mede com um sonómetro, se expressa em decibéis e se usa para descrever a resposta do ouvido humano.*

*4.4 Definir limiares de audição e de dor, indicando os respetivos níveis de intensidade sonora, e interpretar audiogramas.*

*4.5 Medir níveis de intensidade sonora com um sonómetro e identificar fontes de poluição sonora.*

*Fenómenos acústicos*

*5. Compreender alguns fenómenos acústicos e suas aplicações e fundamentar medidas contra a poluição sonora.*

### CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

*5.1 Definir reflexão do som e esquematizar o fenómeno.*

*5.2 Concluir que a reflexão de som numa superfície é acompanhada por absorção de som e relacionar a intensidade do som refletido com a do som incidente.*

*5.3 Associar a utilização de tecidos, esferovite ou cortiça à absorção sonora, ao contrário das superfícies polidas que são muito refletoras.*

*5.4 Explicar o fenómeno do eco.*

*5.5 Distinguir eco de reverberação e justificar o uso de certos materiais nas paredes das salas de espetáculo.*

*5.6 Interpretar a ecolocalização nos animais, o funcionamento do sonar e as ecografias como aplicações da reflexão do som.*

*5.7 Definir a refração do som pela propagação da onda sonora em diferentes meios, com alteração de direção, devido à mudança de velocidades de propagação.*

*5.8 Concluir que o som refratado é menos intenso do que o som incidente.*

*5.9 Indicar que os fenómenos de reflexão, absorção e refração do som podem ocorrer simultaneamente.*

*5.10 Dar exemplos e explicar medidas de prevenção da poluição sonora, designadamente o isolamento acústico.” (p.16-18)*

As **Metas de Aprendizagem** apontam apenas a realização de uma demonstração sobre o fenómeno ondulatório - propagação de ondas, e sugerem a realização de duas atividades experimentais, dentro do tema atributos do som, que se relacionam com a altura. Ainda que as **Orientações Curriculares** tenham continuado em vigor após a introdução das **Metas de Aprendizagem**, a primeira diferença, na abordagem ao tema som, relaciona-se com a atividade experimental sobre a determinação da velocidade do som que não é contemplada

nestes novos documentos orientadores. Enquanto que as **Orientações Curriculares** se apresentavam de modo genérico e com abertura para que o professor definisse os objetivos que pretendia alcançar, nas **Metas de Aprendizagem** os indicadores são enunciados:

*“Capacidades como o raciocínio e a comunicação são essenciais para o cumprimento dos objetivos indicados, devendo ser considerados em todos os descritores.” (p.1).*

O aparecimento da **Metas de Aprendizagem** justifica-se pelo facto de pretenderem ser *“instrumentos que fazem uma leitura dos programas oficiais, facilitando a transferência dos objetivos e conteúdos programáticos para a planificação do ensino na sala de aula”*, explica Natércio Afonso (in Costa, 2010). De acordo com Noémia Maciel, membro da equipa coordenadora de Ciências para as **Metas de Aprendizagem** e autora de vários manuais, é importante que os professores tenham conhecimento das matérias anteriores:

*“É preciso que os professores tenham a preocupação de ver o percurso do aluno e isso é incentivado. Quem aceder, tem a possibilidade de ver o que o aluno deu em anos anteriores e pode fazer toda essa articulação.” (in Costa F., 2010)*

O percurso do aluno está dependente das aprendizagens anteriores, mas também é importante, na prática pedagógica, ter conhecimento da relevância das aprendizagens atuais para as que se seguirão, nomeadamente para os alunos que irão prosseguir os estudos na área das ciências. Relativamente ao Som, em Portugal, é lecionado pela primeira vez no oitavo ano e só volta a ser abordado no 11º ano - ano de exame nacional. A aprendizagem alcançada no ensino básico será determinante para o percurso dos alunos no ensino secundário. Uma análise vertical do tema Som, através do programa de Física e Química A, no 11º ano, permite concluir que os alunos terão de:

*“Interpretar um fenómeno ondulatório como a propagação de uma perturbação, com uma certa velocidade; interpretar a periodicidade temporal e*

*espacial de ondas periódicas harmônicas e complexas, aplicando esse conhecimento ao estudo do som”.*  
(p.23)

Especificamente no tema Sinais e ondas:

*“Os alunos já têm a noção de periodicidade temporal das ondas (...) Deve ter-se em atenção que a intensidade de um som depende apenas da amplitude de pressão da onda sonora e não da sua frequência. (...) Relacionar frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação.”* (p.24)

## 1.2 Manuais Escolares

Leite (1999), citando Jenkins (1998), refere que os manuais escolares influenciam o tipo de atividades implementadas em sala de aula. No trabalho desenvolvido pela autora, a análise de 10 manuais resultou numa lista de 129 atividades sobre o som, cujas propostas se situam entre a realização de apenas três atividades num manual, em oposição com a proposta da realização de 26 atividades em outro. Com o objetivo de identificar pontos de convergência e divergência na abordagem às atividades laboratoriais, analisaram-se diversos manuais, realizando-se à posteriori uma adaptação das que se consideraram mais pertinentes. Selecionou-se o concelho de Coimbra como ponto de partida e constatou-se que a disciplina de Ciências Físico-Químicas, no oitavo ano, era lecionada no concelho de Coimbra em 23 escolas (entre públicas e privadas), constantes na lista da Figura 1.

### CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

Col. Apostólico da Imaculada Conceição  
Col. de S. José  
Col. Rainha Sta. Isabel  
Col. São Martinho  
Col. São Teotónio  
Coop. de Ensino de Coimbra  
Esc. EB 2/3 Ceira  
Esc. EB 2/3 Dr<sup>a</sup> Maria Alice Gouveia  
Esc. EB 2/3 Eugénio de Castro  
Esc. EB 2/3 Inês de Castro  
Esc. EB 2/3 Martim de Freitas  
Esc. EB 2/3 Rainha Santa Isabel-Pedrulha  
Esc. EB 2/3 São Silvestre  
Esc. EB 2/3 Taveiro  
Esc. EBI Poeta Manuel da Silva Gaio  
Esc. ES/3 D. Dinis  
Esc. ES/3 Infanta D. Maria  
Esc. ES/3 José Falcão  
Esc. ES/3 Quinta das Flores  
Inst. de Almalaguês  
Inst. de Surdos - Fund. Bissaya Barreto  
Inst. Educ. de Lordemão  
Inst. Educativo de Souselas

FIGURA 1- LISTA DE TODAS AS ESCOLA DO CONCELHO DE COIMBRA NO ANO LETIVO 2011/2012

As escolas selecionam os manuais de acordo com as suas preferências e, no ano letivo de 2011/2012, existiam cinco manuais diferentes adotados, indicados na Figura 2 e na Tabela 1.



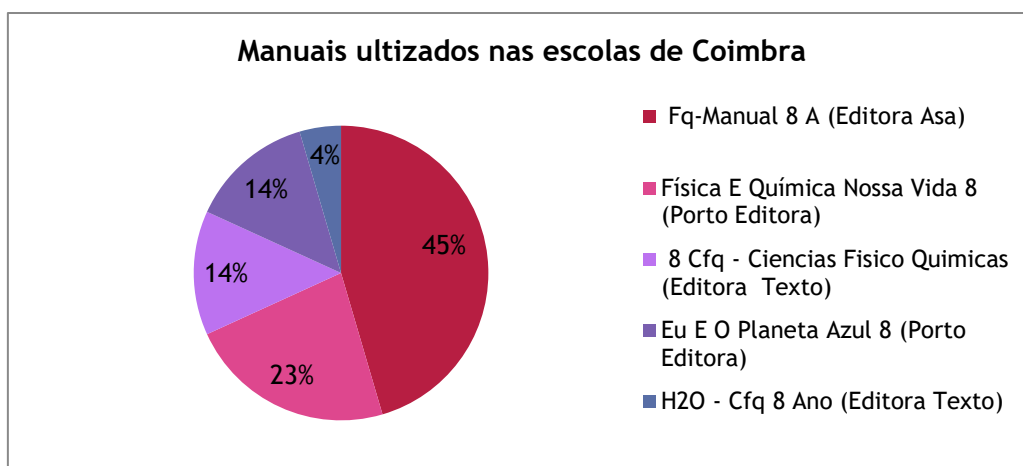


FIGURA 2 - GRÁFICO DOS MANUAIS ADOTADOS NAS 23 ESCOLAS DO CONCELHO DE COIMBRA

Livro	Editora	Autores
Fq-Manual 8 A (A)	Editora Asa	M. Domingas Beleza, M. Neli G. C. Cavaleiro
Física E Química Nossa Vida 8 (B)	Porto Editora	M. Margarida R. D. Rodrigues, Fernando Morão Lopes Dias
8 CFQ - Ciências Físico Químicas (C)	Editora Texto	M. Fiolhais, J. Paiva, V. Gil, C. Morais, S. Costa
Eu E O Planeta Azul 8	Porto Editora	Noémia Maciel, Ana Miranda, M. Céu Marques
H2O - CFQ 8 Ano	Editora Texto	Ana Roque

TABELA 1 - MANUAIS DE CIÊNCIAS FÍSICO-QUÍMICAS UTILIZADOS NO CONCELHO DE COIMBRA

Analisaram-se todos os manuais de um modo geral, mas selecionaram-se os dois manuais mais utilizados para uma análise mais detalhada: Fq-Manual 8A - de agora em diante identificado como manual (A) - e Física E Química Nossa Vida 8 - que será identificado como manual (B). Selecionou-se um terceiro manual por ser aquele que apresenta maior número de atividades experimentais propostas: 8 CFQ - Ciências Físico Químicas - que se identifica como manual (C).

**Manual (A) “Fq-Manual 8 A” (pág. 12 - 41)**

Neste manual o ponto de partida para o estudo do Som é a procura de resposta às questões: *O que é o som? O que distingue os sons uns dos outros?*

O manual começa por apresentar exemplos de objetos que, perturbados, produzem som (lâminas que vibram, elástico que vibra, etc.) concluindo que *“todos os corpos que vibram são fontes sonoras”*. Explica-se nesta fase o funcionamento do ouvido - recetor.

Sugere-se a realização de uma atividade que se baseia na construção de três instrumentos musicais rudimentares (indicados em imagens) e na produção do som usando cada um deles. Ainda na mesma atividade pretende-se que os alunos investiguem (em livros ou na Internet) sobre os instrumentos musicais utilizados ao longo dos tempos em diferentes regiões de Portugal, e os primeiros instrumentos eletrónicos ligados à música Pop e Rock. Finaliza-se a proposta com a sugestão da elaboração de *“uma síntese do produto de investigação”* e a comunicação do trabalho à turma, com vista à promoção de uma discussão sobre a *“influência da tecnologia na evolução dos instrumentos musicais e na arte musical”*.

Segue-se a explicação do que são ondas recorrendo a um esquema que traduz o movimento de uma folha que flutua na água após o lançamento de uma pedra que perturba a superfície dessa água (primeiros gráficos do movimento ondulatório).

O conceito de ondas transversais e longitudinais é apresentado com esquemas de molas e a sugestão para a realização de duas atividades práticas: produção de ondas transversais e longitudinais com molas em hélice; comprovação das existências de ondas sonoras através da vibração de um pacote de açúcar.

As três grandezas características das ondas são apresentadas com gráficos e o enfoque nas relações entre elas. Seguem-se os atributos do som com a indicação para que as ondas produzidas por um diapasão, por

exemplo, sejam visualizadas num osciloscópio. Porém não há nenhuma imagem dos gráficos obtidos. Surge a primeira indicação para o livro de atividades, para a realização da experiência 1: “*Como construir instrumentos rudimentares, para verificar como as características do corpo vibrante se relacionam com a altura do som?*”. Na primeira parte sugere-se a utilização de três elásticos diferentes, lápis e retângulo de madeira para que os alunos analisem e registem como os sons produzidos variam em altura (graves e agudos). Na segunda parte, da mesma atividade, chama-se a atenção para os diferentes sons produzidos através de frascos com diferentes quantidades de soluções aquosas coradas.

O espectro sonoro é abordado com exemplos de sons de frequência distinta, a análise da escala de decibéis e a sugestão para a realização de uma atividade. Nesse sentido os alunos devem elaborar um conjunto de questões sobre “*o espectro sonoro, o nível sonoro e a influência da exposição das pessoas a sons fortes e desagradáveis*”, pedir a algumas pessoas que respondam a essas perguntas (alunos, funcionários da escola e pessoas da zona da residência), analisar as respostas, sintetizá-las e comunicar os resultados à turma.

Na propagação do Som, analisa-se a velocidade do som em vários materiais (é apresentada uma tabela) e sugere-se a realização de alguns exercícios (recorrendo sobretudo ao exemplo da trovoada). O tema termina com a explicação dos fenómenos: reflexão (eco e ultra-sons), absorção (bons e maus isoladores sonoros) e refração. Surge a indicação para a última atividade deste tema - a segunda do livro de atividades. Nesta pretende-se responder à questão “*Será possível detetar a reflexão e absorção do som?*”. Com a utilização de dois tubos de cartão, um relógio e quatro placas retangulares de materiais diferentes (metal, vidro, espuma e cortiça), pretende-se que os alunos verifiquem que o som é absorvido por alguns materiais e refletido por outros.

### CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

A Tabela 2 enumera as seis diferentes atividades sobre o Som descritas no manual (A).

Atividade	Conceitos
“Pratica para te consciencializares da evolução dos instrumentos musicais”	Propagação do som
“Produz ondas transversais e longitudinais com molas em hélice”	Ondas transversais e longitudinais
“Pratica para comprovares que as ondas sonoras, que não vemos, existem”	Fonte, propagação, vibração
“Como construir instrumentos rudimentares, para verificar as características do corpo vibrante se relacionam com a altura do som?” *	Vibração, sons altos e baixos
“Pratica para averiguares o que as pessoas pensam sobre os sons que ouvem”	Frequência, intensidade, nível sonoro
“Será possível detetar a reflexão e absorção do som?” *	Reflexão, absorção, sons e maus isoladores

Nota: \* Atividades laboratoriais com guião fornecido pelo manual de atividades.

TABELA 2 - ATIVIDADES LABORATORIAIS E/OU DEMONSTRAÇÕES SUGERIDAS PARA O TEMA SOM NO MANUAL (A)

O tema do Som é tratado no manual (A), no primeiro capítulo, em sete sub-temas, como se pode verificar na Tabela 3. Pretende-se que os alunos possam:

- “- Concluir que os sons são produzidos pela vibração dos corpos, propagam-se num meio material e são percebidos pelo ouvido;
- Caracterizar o som como fenómeno ondulatório;
- Distinguir propriedades do som: timbre, altura e intensidade;
- Compreender que o som se propaga em diferentes meios com diferentes velocidades;
- Analisar o espectro sonoro;
- Reconhecer a importância da medição do nível sonoro com vista à melhoria da qualidade de vida;
- Compreender a reflexão do som e a sua aplicabilidade;

### CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

- *Distinguir entre reflexão, absorção e refração do som*”

<b>Temas</b>	<b>Palavras - chave</b>		
1.1 Produção, propagação e receção do som	- Posição de equilíbrio - Vibração	- Fontes sonoras - Detetores e recetores	- Meio de propagação - Ouvido
1.2 Ondas sonoras	- Meios materiais elásticos - Ondas sonoras - Ondas longitudinais e transversais - Ondas de pressão	- Transferência de energia - Cristas e Ventres - Compressão e expansão	- Direção de vibração e de propagação da onda - Vazio - Perturbação
1.3 As características das ondas	- Fase de vibração - Amplitude	- Frequência - Período	- Comprimento de onda
1.4 Propriedades do som	- Timbre - Altura - Intensidade - Amplitude	- Sons puros e sons complexos - Som fundamental	- Sons harmónicos - Ruído - Sons graves e agudos - Sons fortes e fracos
1.5 Os sons que ouvimos	- Espectro sonoro - Nível sonoro	- Escala decibel; - Limiar da dor	- Infra e ultra-sons;
1.6 Propagação do som	- Velocidade de propagação do som		
1.7 Reflexão, absorção e refração do som	- Reflexão - Eco - Superfície refletora	- Ultra-sons - Absorção - Superfícies rugosas	- Bons e maus isoladores sonoros - Refração

TABELA 3 - PALAVRAS-CHAVE ASSOCIADAS A CADA TEMA DO PRIMEIRO CAPÍTULO DO MANUAL (A)

**Manual (B) “Física e Química na Nossa Vida. Sustentabilidade na Terra” (pág.8 - 39)**

Neste manual o estudo do Som inicia-se procurando a resposta à questão “*Como se produz a transmite o som?*”. Sugere-se a identificação de diferentes tipos de sons e fontes sonoras, através de uma atividade em sala de aula com diferentes instrumentos musicais. Propõe-se ainda que os alunos façam uma pesquisa sobre um instrumento musical característico da região. Pretende-se favorecer uma relação CTSA (através do reconhecimento da influência da tecnologia na evolução dos instrumentos musicais) e mostrar que “*o movimento vibratório pode propagar-se num meio material com velocidade constante*”. O diapasão é o instrumento escolhido pelo manual para mostrar que “*é a vibração de fontes sonoras que origina o som*” e “*quando as vibrações param, os sons deixam de ser ouvidos*”.

Distinguem-se transferências de energia através de ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. Surge o conceito de ondas luminosas e ondas sonoras. É na explicação das diferenças entre ondas longitudinais e ondas transversais que surgem os primeiros gráficos do movimento ondulatório. Sugere-se a análise das características das ondas especialmente através da interpretação de gráficos e resolução de exercícios com aplicação das fórmulas que explicam as relações entre essas características.

O estudo dos diferentes atributos do som surge com várias imagens dos gráficos obtidos através de um osciloscópio, porém não é sugerida nenhuma atividade ou demonstração no manual do aluno, mas sim no livro de apoio ao professor.

A propagação do som em diferentes meios tem início com a apresentação de uma atividade que permitirá estudar a propagação do som de um relógio despertador nos sólidos (através de uma mesa de madeira), nos líquidos (num recipiente com água) e nos gases (no ar). A atividade que permite verificar que o som não se propaga no vazio, através de uma máquina pneumática, surge como um exemplo, com imagens, mas não como uma sugestão à sua concretização. Em relação

à velocidade de propagação do som no ar são sugeridas duas atividades: com o tubo de ressonância (com protocolo de apoio) e com dois microfones.

As propriedades do som (reflexão, refração e absorção) surgem com exemplos do quotidiano e com a sugestão de uma atividade com um gerador de sinais, um gravador e um balão com dióxido de carbono. Verifica-se no gravador que ocorre um aumento da intensidade sonora quando o som atravessa o dióxido de carbono.

Sugere-se ainda outra atividade para identificação dos melhores isoladores sonoros, colocando um relógio despertador numa caixa, envolvido em materiais diferentes: ar, camisola de lã, jornais, sacos de plásticos, etc.

O isolamento sonoro aparece contextualizado com a necessidade de isolamento sonoro em casa e dos materiais usados para o efeito. Considera-se que a escala decibel não deve ser aprofundada neste nível, mas apenas medidos os níveis sonoros em zonas distintas.

Em relação aos problemas de audição considera-se importante a deslocação à escola de um médico para a realização de uma palestra.

Para a consolidação das aplicações do som sugere-se a que os alunos escrevam um pequeno texto no qual as identifiquem e descrevam.

Para o manual (B), a Tabela 4 e a Tabela 5 resumem as atividades propostas e as aprendizagens específicas em cada um dos temas, respetivamente.

### CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

Atividade	Conceitos
Tina de Ondas*	Características das ondas ( $\lambda$ , A, f, T e v)
Mola em hélice	Ondas longitudinais e transversais
Osciloscópio e diapasão	Atributos do som (altura, intensidade e timbre)
Propagação do som de um relógio despertador	Propagação do som nos sólidos, líquidos e gases
Tubo de ressonância*	Velocidade do som no ar
Osciloscópio, 2 microfones, interface e computador	Velocidade do som no ar
Gerador de sinais, balão e gravador	Refração do som
Materiais bons e maus isoladores sonoros (relógio despertador e caixa com materiais diferentes)	Isolamento sonoro
Sonómetro na escola	Níveis sonoros

Nota: \* Atividades laboratoriais com guião fornecido pelo manual de atividades.

TABELA 4 - ATIVIDADES LABORATORIAIS E/OU DEMONSTRAÇÕES SUGERIDAS PARA O TEMA SOM NO MANUAL (B)



CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

Temas	“Aprendizagens específicas”	Palavras - chave	
1.1 Fontes Sonoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar fontes sonoras;</li> <li>- Classificar os instrumentos musicais;</li> <li>- Indicar as condições necessárias para que possa haver som;</li> <li>- Distinguir o emissor do recetor;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posição de equilíbrio</li> <li>- Vibração</li> <li>- Detetores e recetores</li> <li>- Ondas sonoras</li> <li>- Meio material</li> </ul>	
1.2 Ondas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar os tipos de ondas;</li> <li>- Distinguir ondas longitudinais de ondas transversais;</li> <li>- Descrever a natureza do som;</li> <li>- Representar graficamente as ondas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ondas de pressão</li> <li>- Ondas mecânicas</li> <li>- Ondas eletromagnéticas</li> <li>- Ondas luminosas</li> <li>- Ondas longitudinais e transversais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transferência de energia</li> <li>- Cristas e Ventres</li> <li>- Compressões e rarefações</li> <li>- Direção de vibração e de propagação da onda</li> <li>- Vazio</li> </ul>
1.3 As características das ondas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Referir as características das ondas;</li> <li>- Identificar, na representação gráfica da onda, a amplitude, o comprimento de onda, o período e a frequência);</li> <li>- Definir amplitude, comprimento de onda, período e a frequência;</li> <li>- Relacionar a velocidade de propagação de uma onda com</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Onda periódica</li> <li>- Oscilações</li> <li>- Amplitude, comprimento de onda, período e frequência</li> <li>- Velocidade de propagação da onda</li> <li>- Osciloscópio</li> </ul>	

### CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

	a frequência, o período e o comprimento de onda;	
1.4 Os atributos do som	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicar os atributos do som;</li> <li>- Relacionar a altura do som com a frequência da onda sonora;</li> <li>- Relacionar a intensidade do som com a amplitude da onda sonora;</li> <li>- Inferir que o timbre depende da forma da onda sonora;</li> <li>- Distinguir entre sons musicais e ruídos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altura, intensidade, timbre e duração</li> <li>- Sons agudos e sons graves</li> <li>- Sons puros e sons complexos</li> <li>- Som fundamental</li> <li>- Sons harmônicos</li> <li>- Ruído</li> </ul>
1.5 A propagação do som e a sua velocidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconhecer a propagação do som em diferentes meios;</li> <li>- Demonstrar que o som precisa de um meio material para se propagar;</li> <li>- Reconhecer que a velocidade de propagação do som depende do meio;</li> <li>- Determinar a velocidade de propagação do som no ar;</li> <li>- Relacionar distâncias percorridas pelo som com a velocidade e o intervalo de tempo de propagação;</li> <li>- Calcular os valores de grandezas Físicas que permitem determinar a velocidade do som;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidade do som no ar;</li> <li>- Intervalo de tempo;</li> <li>- Distância percorrida pela onda sonora;</li> <li>- Meio sólido, meio líquido e meio gasoso;</li> </ul>

### CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

1.6 Algumas propriedades do som	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explicar o eco partindo da reflexão do som;</li> <li>- Distinguir os fenómenos de reflexão, refração e absorção do som;</li> <li>- Selecionar materiais bons e maus isoladores do som;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reflexão, refração, absorção e transmissão;</li> <li>- Eco;</li> <li>- Bons e maus isoladores sonoros;</li> </ul>
1.7 Nós e os sons	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descrever o nível sonoro usando a escala decibel;</li> <li>- Indicar o limite máximo e o limite mínimo de audibilidade;</li> <li>- Reconhecer níveis sonoros prejudiciais à saúde;</li> <li>- Situar os sons audíveis no espectro sonoro;</li> <li>- Identificar e descrever sumariamente aplicações do som no dia-a-dia;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escala decibel;</li> <li>- Nível sonoro;</li> <li>- Campo auditivo;</li> <li>- Ouvido externo, médio e interno;</li> <li>- Espectro sonoro;</li> <li>- Infra e ultra-sons;</li> </ul>

TABELA 5 - APRENDIZAGENS ESPECÍFICAS ASSOCIADAS A CADA TEMA DO PRIMEIRO CAPÍTULO DO MANUAL

(B).

Manual (C): “8 CFQ - Ciências Físico Químicas” (pág.8 - 61)

Neste manual inicia-se o estudo do Som através de um conjunto de questões colocadas como desafios, que deverão ser superados ao longo do capítulo:

*“Como se produzem os sons? Como é que os vários tipos de instrumentos musicais produzem sons? Como é que o ser humano produz sons? Por que motivo as vozes femininas são diferentes das vozes masculinas? Como se propagam os sons? Como é que o ser humano deteta um som? Será que o som se propaga da mesma forma em diferentes meios? Como determinar a velocidade do som? Será o espaço cósmico silencioso? Será possível viajar a velocidades superiores à do som? O ser humano é sensível a todos os sons produzidos? Como é que os morcegos conseguem voar no escuro sem bater em obstáculos? O que é um eco? O que é um ruído? O que é a poluição sonora? Que materiais são bons isolantes acústicos? Como isolar acusticamente um compartilhamento?”*

Ao longo do tema são apresentadas várias propostas de atividades e no final surgem mais três propostas, de orientação para a pesquisa de respostas, de acordo com a Tabela 6 .

### CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

Atividade	Conceitos
“Será que o som resulta de uma vibração?”	Vibração, som, fonte sonora, meio
“De que depende a intensidade do som?”	Intensidade, Som fraco e forte, Amplitude
“Qual é a função de uma caixa de ressonância?”	Caixa de ressonância, intensidade sonora
“Como variar a altura de um som?”	Altura, Sons altos e baixos
“O som pode propagar-se no vazio?”	Propagação do som no vazio
“As partículas do ar vibram?”	Vibração
Propagação do som no ar com uma slinky	Propagação do som no ar
“Qual o melhor isolante acústico?”	Poluição sonora, isolante acústico, absorção
Reflexão com dois tubos e um espelho	Reflexão
Produção de ondas com um slinky	Ondas longitudinais e transversais
“Telefone de cordel”	Propagação do som
“Velocidade do som”	Velocidade do som
“Poluição sonora”	Intensidade sonora

TABELA 6 - ATIVIDADES LABORATORIAIS E/OU DEMONSTRAÇÕES SUGERIDAS NO MANUAL (C) PARA O TEMA “SOM”

A análise comparativa entre os manuais permite verificar interpretações distintas das diretrizes curriculares, induzindo diferentes abordagens escolares. Em comum verificou-se a existência de propostas para atividades experimentais para ilustrar a propagação do som. Em todos os manuais se verifica a abordagem a conceitos chave, de acordo com os documentos oficiais: ondas longitudinais e transversais; fontes sonoras; vibrações, propagação e detetores; reflexão das ondas e absorção; bons e maus isolantes de som; características de onda (comprimento de onda, amplitude, frequência, período e velocidade); atributos sonoros (intensidade, altura e timbre), propagação de som em sólidos, líquidos e gases.

Parece existir um aglomerado de normativas que pode direcionar os professores em abordagens de profundidades completamente distintas.

Ainda que as **Metas de Aprendizagem** tenham surgido para balizar os resultados esperados em cada ciclo e os descritores de desempenho, os diferentes manuais continuam a representar abordagens muito diferentes, nomeadamente do que às atividades laboratoriais diz respeito.

### 1.3 Préconcepções

O processo de ensinar e aprender, seja qual for o método escolhido, é baseado na comunicação de ideias através de palavras. O significado que cada interveniente atribui a essas palavras é determinante no sucesso escolar. Em Física, no estudo do Som, esta questão é relevante pois o aluno atribui significado a alguns termos, como *intensidade*, *frequência*, *alto e baixo*, que pode ser substancialmente diferente daquele que têm em contexto científico.

Quando os alunos iniciam o percurso escolar trazem consigo explicações para os mais diversos fenómenos do dia-a-dia, resultado das diferentes vivências e dos significados que atribuem às palavras. Mesmo quando o aluno está a iniciar as aulas de Física, sobre determinado tema, possui as suas próprias definições e modelos, muitas vezes cientificamente incorretos, e é a partir destes que desenvolvem os modelos mentais que irão atribuir significado à aprendizagem.

De acordo com de Almeida (2004):

*“Podemos então concluir que seja no Ensino Básico, seja no Ensino Secundário, é sempre necessário que no início de qualquer atividade lectiva um professor organize processos de ter acesso ao nível de conhecimentos prévios dos seus novos alunos.”*

De acordo com Heywood, citado por Chu et al 2009, as concepções isoladas que os alunos possuem sobre fenómenos naturais, construídas por eles, são frequentemente resistentes a mudanças. Uma das razões para esta resistência é o facto destas concepções estarem enraizadas de

modo coerente nas mentes dos alunos, suportadas por estruturas conceituais frequentemente incorretas, provenientes de experiências do quotidiano.

O assunto alvo desta investigação - o Som - está presente no quotidiano dos alunos desde uma faixa etária muito reduzida, o que torna expetável que exista um conjunto de préconceções adquiridas antes da instrução letiva. Desde muito cedo as crianças têm contacto com fenómenos acústicos, nomeadamente na utilização de instrumentos musicais.

Bisesi e Michellini (2003) enunciam alguns dos problemas essenciais na compreensão das ideias base sobre o Som, que resultam da análise de diversos estudos sobre o assunto:

*“ (...) fontes e propagação (natureza ondulatória do sinal, propriedades Físicas das ondas, interação com o meio) e tendem a recorrer a algumas abstrações para representar características sonoras com modelos mentais (Menchen, 2005). (...) Além disso, um grande número de dificuldades e equívocos são diretamente relacionados com a natureza interdisciplinar do som; em particular - uma observação vem também por experiência de ensino pessoal, os alunos dificilmente podem entender a diferença entre os conceitos de perturbação mecânica e sensação fisiológica, e eles não estão cientes do fato de que a duração, intensidade, altura e timbre são propriedades interdependentes (Merino, 1998b). Mais em geral, muitos erros são cometidos ao misturar conceitos e ideias pertencentes a esferas disciplinares de diferentes níveis hierárquicos, como Física (...) Além das pesquisas sobre problemas de aprendizagem, muitos estudos mostram que os alunos descrevem o fenômeno som através de duas imagens: uma perspectiva microscópica, onde o som é uma entidade que é transportado por moléculas individuais e é transferido de uma molécula para outra através de um meio, e a imagem macroscópica, em que as ondas são*

*como uma substância limitada na forma (Hrepic, 2004; Linder e Erickson, 1989) (fraude de micro-macro).” (p.1)*

Olenick, R. (2003) nos Estados Unidos da América, divulga um documento de apoio aos professores do Ensino Secundário com préconceções que envolvem a Física. Sobre o tema Som destacam-se as seguintes:

- “- Tem de existir um meio para uma onda atravessar.*
- Ondas não têm energia.*
- Todas as ondas viajam da mesma maneira.*
- A frequência está relacionada com o volume para todas as amplitudes.*
- Ondas grandes viajam mais rápido que pequenas ondas no mesmo meio.*
- A altura está relacionada com a intensidade.”*

Mais recentemente, Haim e Schwartz (2006) desenvolveram um estudo sobre as conceções do som e concluíram que, dos alunos entre os onze e treze anos, apenas 40% identifica que o som se propaga da fonte ao recetor. Os mesmos autores citam Watt and Russell (1990) que sugere:

*“(...)as crianças talvez encarem o som como um objeto invisível com dimensões que necessita de espaço para se movimentar.” (p.736).*

Em Portugal este assunto também tem sido alvo de estudo e Leite, em 2000, analisa diferentes estudos, nacionais e internacionais, e resume as préconceções sobre o Som:

- “- O som é uma espécie de vento;*
- O som é uma entidade material feita de partículas ou ondas sonoras;*
- O som é transmitido numa determinada direção por colisões entre partículas;*
- O som espalha-se através dos espaços vazios do meio;*



### CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

- *O som não pode passar pela superfície de separação entre dois meios diferentes;*
- *Eco é o resultado de uma colisão de som com um obstáculo.” (p.1)*

Correia (2001) cita o trabalho desenvolvido por Caldeira et al em 1991 e identifica algumas ideias que os alunos têm sobre o Som, antes e após as aulas de Física:

- *“ Quando se percute uma corda de viola, esta vibra e faz vibrar o ar.*
- *Ao soprar numa flauta o ar produz vibrações.*
- *Nem todos os corpos produzem sons.*
- *Uma campainha dentro de água não toca porque a água não tem ar.*
- *As moléculas de som propagam-se até entrar nos nossos ouvidos.*
- *O som é um conjunto de partículas.*
- *O som propaga-se no ar porque este é elástico.”*  
(p.13)

O autor conclui que *“os esquemas construídos por alguns alunos pressupõem que o som é uma substância. Têm também dificuldade em compreender que o som se propaga em meios diferentes do ar (...)”*.

Da análise das préconceções identificadas na literatura, selecionaram-se aquelas que se pretendem detetar, com os instrumentos de avaliação, e verificar o seu esclarecimento, após as aulas:

- *O som propaga-se mais rapidamente no ar do que em sólidos;*
- *O som move-se entre as partículas de matéria (no espaço vazio);*
- *O som não pode passar pela superfície de separação entre dois meios diferentes;*

- Uma campainha dentro de água não toca porque a água não tem ar;
- A velocidade do som não é constante (para o mesmo meio);
- O som propaga-se mais lentamente à medida que vai alcançando distâncias maiores;
- Sons mais fortes são mais rápidos (ou inverso: intensidade/velocidade);
- Ondas grandes viajam mais rápido que pequenas ondas no mesmo meio.

#### *1.4 O Ensino da Física nas Escolas e o papel do Professor*

As escolas são a principal fonte de conhecimento científico para os jovens, através das quais têm, muitas vezes, o primeiro contacto com diferentes áreas, nomeadamente com a Física. Para Físico-Química, no Ensino Básico, as **Aprendizagens Essenciais** (2018) salientam que esta disciplina:

*“(…), visa contribuir para o desenvolvimento da literacia científica dos alunos, despertando a curiosidade acerca do mundo que nos rodeia e o interesse pela Ciência. Visa também desenvolver uma compreensão geral e alargada das principais ideias e estruturas explicativas da Física e da Química, bem como da metodologia da Ciência. Por outro lado, a disciplina de Físico-Química contribui para uma tomada de consciência quanto ao significado científico, tecnológico e social da intervenção humana no nosso ambiente e na cultura em geral.” (p.1)*

Este contacto com a ciência deve promover no aluno o espírito inquiridor que caracteriza todo o cientista, como afirma Carvalho, P. S. et al (2013):

*“A educação científica deve começar por despertar a curiosidade do aluno - e do cidadão em geral - para aquilo que o rodeia, realçando a importância do que, à primeira vista, pode parecer trivial.” (p.37)*

Neste sentido é pertinente analisar a forma como os professores de Ciências Físico-Químicas orientam os alunos no desenvolvimento destas competências durante as suas práticas letivas, nomeadamente na realização de trabalho prático. O Livro Branco da Física e da Química - Opiniões dos alunos 2003 (Martins et al. 2005) envolveu uma amostra de 7119 alunos e detetou que as atividades, realizadas em sala de aula, têm um carácter fechado e especificamente focado na confirmação de leis, fenómenos e teorias, pouco centradas na formulação e verificação de hipóteses e na resolução de problemas abertos. Um outro estudo, que precedeu o anterior, e que está publicado no Livro Branco da Física e da Química - Diagnóstico 2000, Recomendações 2002 (Martins et al. 2002), revela as opiniões de uma amostra aleatória de professores, em 1050 escolas (65% do total). Este estudo indica que, em relação ao Ensino Básico as metodologias adotadas são maioritariamente: demonstração comentada - 92%; experiências para ajudar a compreender conceitos - 91%; e experiências guiadas por uma ficha de trabalho - 86%. Por outro lado, os resultados indicam que apenas 18% dos professores realiza síntese do trabalho experimental e só 22% discute os resultados experimentais com os alunos.

O papel do professor é fundamental no modo como são desenvolvidas todas as atividades em sala de aula, pois é a ele que cabe a tarefa de as preparar e orientar, conduzindo os alunos àquilo que o próprio acredita ser o melhor para promover uma aprendizagem eficaz e significativa. De acordo com de Almeida e Martins (2017):

*“A missão dos professores é levar os alunos, recebidos com determinados conhecimentos, competências, valores e regras de comportamento, aos “padrões” assumidos como representativos dos objetivos da nação: os professores deverão promover*

*aprendizagens de conteúdos simples, mas que virão a servir de base para as educações formais e informais posteriores, numa perspetiva continuada de aprendizagem ao longo da vida.” (p.153)*

Nos últimos anos várias foram as alterações nos documentos oficiais que suportam a atividade letiva com o intuito de produzir um ensino mais centrado no aluno capaz de criar as condições para uma aprendizagem significativa, mas de acordo com Mota 2011:

*“A atitude dos professores face às novas ideologias educativas esteve aquém do esperado, uma vez que, apesar de usarem as novas terminologias, as práticas letivas mantiveram-se.” (p.26)*

Da experiência adquirida nas escolas do Ensino Básico e Secundário, ao longo dos últimos dez anos, acredita-se que a dificuldade que os professores têm em alterar as práticas pedagógicas pode ter vários motivos como o medo da mudança, a falta de confiança em abandonar a zona de conforto ou a convicção que as práticas pedagógicas que aplicam são as melhores. Por outro lado, as alterações que são apresentadas aos professores surgem como propostas finalizadas e das quais os professores não tiveram papel ativo na sua escolha.

*“A implicação de todos os intervenientes no processo de tomada de decisão sobre as mudanças a realizar e a sua operacionalização, numa dinâmica de ação/reflexão/ação contínua e sistemática, poderá ser, para o professor em geral e para o professor de apoio educativo em particular, uma estratégia eficaz de resolução de alguns dos problemas com que se confronta hoje, na sua escola e na sua sala de aula.” (Sanches, 2005, p.128)*

## 2. A Investigação

### 2.1 *Desenho da investigação*

Com a investigação proposta, através da realização de atividades experimentais, de Física no Ensino Básico, pretende-se potenciar um desenvolvimento de competências cognitivas, de autonomia, atitudinais e processuais. De acordo com o Ministério da Educação as **Aprendizagens Essenciais** (2018):

*“(...) pressupõem a centralidade do trabalho prático, incluindo o laboratorial e o experimental, por forma a desenvolver o raciocínio e a capacidade de resolver problemas (observação, formulação de hipóteses e interpretação), estimular a autonomia e o desenvolvimento pessoal e, dadas as potencialidades do trabalho prático para ser desenvolvido em equipa, contribuir para a capacidade de o aluno desenvolver relações interpessoais.”* (p.2)

Propõe-se uma metodologia do tipo *inquiry*, aliada ao trabalho de grupo e precedida de instrução sobre os assuntos abordados. Esta metodologia pretende estimular nos alunos a motivação e a autonomia na realização de atividades, potenciar a criatividade conduzindo os alunos à procura de respostas e fomentar a vontade de aprender.

Da análise das teorias de aprendizagem significativa Neves e Valadares (2004) referem que:

*“(...) qualquer ato educativo envolve uma ação para partilhar significados e sentimentos entre os alunos e o professor. De acordo com este princípio, deve ser desenvolvido no aluno o sentimento de que vale a pena aprender significativamente a Física (bem como outras ciências) pois isso contribuirá em larga medida para o seu engrandecimento como ser humano e prepará-lo-á para uma cidadania mais responsável”* (p.8)

Skinner (2010) propõe quatro modos diferentes de organizar as atividades letivas de ensino. Não defende que exista uma “*melhor maneira de ensinar*”, nem tenta ajuizar entre ensino direto tradicional e a investigação (*inquiry*) progressiva, ou entre a instrução e a construção. Sustenta que todos os modos têm um papel claro e válido. O professor para produzir um ensino eficaz poderá ter de desenvolver os quatro modos de maneira equilibrada, para ir ao encontro de uma gama de contextos, assuntos (e os seus diferentes aspetos), alunos e objetivos de aprendizagem. Ainda de acordo com este autor, a metodologia *inquiry*, que pode ser diferentemente aplicada em sala de aula consoante o tipo de orientação fornecida (diferentes níveis de decisão atribuídos ao aluno), envolve os aprendizes no processo de investigação científica, não desvalorizando o conhecimento anterior.

A motivação que se pretende construir com a metodologia proposta faz com que esta tenha de ser adequadamente ajustada aos alicerces que os alunos possuem para que o seu efeito não seja o contrário do pretendido. As atividades promovidas podem ser fonte de desânimo e desmotivação se o grau de dificuldade não for o adequado (Cachapuz *et al.*, 2002).

No presente trabalho, a abordagem às atividades propostas segue uma estrutura *inquiry* estruturada, com base em estações experimentais, tendo como premissa que os conceitos necessários à realização das atividades já foram abordados pelo professor antes da realização das tarefas propostas.

Segundo Mota (2011), as estações experimentais vão permitir simplificar a realização de atividades em sala de aula:

*“Este modelo mostra que para aceder a um ensino experimental de qualidade não é obrigatório instrumentos técnicos muito sofisticados nem um espaço físico específico. Distancia-se das clássicas aulas laboratoriais em que os alunos realizam simultaneamente a mesma atividade, o que exige repetição de material e limita a quantidade e qualidade de atividades ao longo do ano.” (p.41)*

Nesse sentido, é sugerido que a turma se divida em grupos, que trabalharão em várias mesas nas quais está instalado o material necessário à realização de atividades diferentes. Cada grupo passará por todas as mesas num sistema de rotação. Pretendeu-se, com esta dinâmica, diminuir a necessidade de material disponível assim como estimular a autonomia de cada grupo. Em cada mesa, para além do material necessário, é colocado um guião da atividade e as questões desafiadoras. Estas questões desafiadoras incluem a realização de tarefas, a apresentação de resultados, a resolução de exercícios e a interpretação gráfica. No fim da atividade cada grupo deve entregar um único exemplar com as respostas, fomentando deste modo a capacidade de comunicação e negociação de resultados. O Ministério da Educação, através das **Aprendizagens Essenciais** (2018) reforça a necessidade de se criarem condições para os alunos trabalharem a capacidade de comunicação:

*“Por outro lado, os alunos devem ser incentivados a trabalhar em grupo, designadamente na realização das atividades laboratoriais, comunicando as suas aprendizagens oralmente e por escrito e usando vocabulário científico próprio da disciplina.” (p.2)*

Da análise do suporte documental, à disposição dos professores quando preparam as suas aulas, confluíu um conjunto de atividades a propor, que foram primeiramente testadas em laboratório, tendo sido identificadas as competências associadas e desenhada a proposta de abordagem em sala de aula. A preparação e concretização destas atividades efetuou-se tendo em conta o estado de conhecimento inicial dos alunos, a aprendizagem que se considera crucial para a prossecução dos estudos, e os objetivos (conteúdos, capacidades, atitudes...) que se pretendem atingir com esta aplicação.

O processo foi desenvolvido de modo dinâmico e em espiral com a criação de novas atividades, documentos de suporte e instrumentos de avaliação, testados e ajustados após cada implementação, de acordo com as sugestões dos professores do Ensino Básico e Secundário, após a sua participação na investigação, e com a análise gradual dos resultados que se foram obtendo. Na última fase de implementação, no ano letivo

2014/2015, desenvolveram-se os documentos que se consideram mais completos e que podem ser consultados e futuramente utilizados pelos professores.

As diferentes atividades foram agrupadas em três blocos: Ondas Mecânicas, Vibração e Produção de Som e Observação de Som. Cada bloco foi desenvolvido tendo em conta os objetivos de aprendizagem para o oitavo ano, os que servirão de base à eventual progressão de estudos (11º ano), a análise dos documentos oficiais e a necessidade de corrigir as préconceções identificadas na literatura.

Para avaliar as aprendizagens conseguidas foram construídos instrumentos de avaliação para os alunos - pré e pós testes - que permitiram quantificar a evolução alcançada. Numa avaliação qualitativa da investigação foram sendo melhorados os questionários e entrevistas aos professores.

### *2.2 Metodologia da investigação*

Com o objetivo de criar mais respostas para um problema educacional, e proporcionar uma abordagem que permita aos alunos aprender o mais possível, não procurando como principal finalidade uma generalização dos resultados, entendeu-se que uma investigação com um método misto seria a mais adequada.

Os métodos de investigação utilizados no contexto das abordagens à aprendizagem recorrem tanto a estratégias qualitativas (observação, entrevista, experiência de caso-único, questionários de resposta aberta, análise de conteúdo, entre outras) como quantitativas (questionários, testes, entre outros).



De acordo com Fortin et al (2009), o método quantitativo baseia-se na obtenção de resultados numéricos e no desenvolvimento de um processo experimental ordenado, desde a definição do problema à aquisição de resultados, oferecendo com frequência a possibilidade de generalizar as conclusões obtidas. Relativamente ao método qualitativo, o autor defende que o investigador que a ele recorra dá muita importância à compreensão, descrição e interpretação do fenómeno observado. Em qualquer um dos métodos a investigação deve ser tão rigorosa e sistemática quanto possível.

Nesta investigação seleccionou-se um método misto: uma análise quantitativa, cuja variável independente é a metodologia de ensino, e a variável dependente é a aprendizagem alcançada pelos alunos. Porém, como o grupo alvo não foi seleccionado de um modo aleatório, mas sim em função das possibilidades, será uma investigação do tipo quasi-experimental com recurso a grupos de controlo e grupos experimentais que são submetidos a tratamentos diferentes. Numa investigação quasi-experimental, o investigador pode organizar procedimentos e materiais, mas não consegue controlar todas as condições a que o participante está sujeito. Não se garante em termos absolutos a validade externa dos resultados, ou seja, a possibilidade de os generalizar através da aplicação de uma estatística inferencial. No entanto o alargamento da mesma experiência a sete escolas poderá reforçar (ou não) uma eventual generalização das conclusões obtidas.

Em paralelo desenvolveu-se uma metodologia qualitativa usando informação recolhida pelos professores em resultado das suas observações, relacionadas com os efeitos da utilização das estações experimentais. Esta informação encontra-se nas respostas a inquéritos aos professores e em listas de comentários que forneceram.

### *2.3 Desenvolvimento da Investigação quantitativa*

A investigação foi desenvolvida em quatro fases diferentes, num processo em espiral que se pretendeu dinâmico, com alterações sugeridas pelas experiências anteriores e validação ajustada às falhas que se iam detetando:

- Estudo piloto - ano letivo 2011/2012
- Estudo inicial- ano letivo 2012/2013
- Estudo intermédio- ano letivo 2013 /2014
- Estudo final- ano letivo 2014/2015

Todos os professores envolvidos no projeto se voluntariaram para nele participar, pelo que não se realizou qualquer processo de seleção e a sua localização é aleatória. Os primeiros contactos entre a investigadora e os professores surgiram na sequência do projeto Otimização do Ensino das Ciências Experimentais (cuja descrição está realizada no capítulo I) e em conferências. Nem todos os professores que inicialmente se ofereceram para participar, o fizeram: alguns, após receberem os materiais, deixaram de responder aos sucessivos contactos e não entregaram para análise os resultados dos trabalhos desenvolvidos. Existiram ainda outros professores que aplicaram a metodologia, mas a sua contribuição não foi alvo de análise nesta tese por não terem entregue todos os documentos necessários à validação dos resultados. Os professores que participaram ativamente, e cuja intervenção foi considerada válida, seleccionaram as suas turmas e definiram quais as que seriam controlo e experimental, não existindo qualquer intervenção por parte da investigadora nessa definição. De acordo com a informação recolhida junto dos professores, o critério maioritariamente usado para a seleção das turmas experimentais foi o número de alunos - as turmas com mais alunos foram seleccionadas para turmas controlo. Os contactos foram todos realizados por email, Skype, telefone e reuniões presenciais - de salientar que este estudo não conseguiu financiamento pelo que todos os custos foram suportados pela investigadora, tendo existido por isso uma tentativa de os reduzir, evitando sempre que possível as viagens.

### 2.3.1 Identificação das amostras

Ao abrigo do Regulamento Geral de Proteção de Dados, que entrou em vigor em 25 de maio de 2018, a identidade dos alunos envolvidos será preservada, pelo que não serão identificadas as escolas que participaram no projeto, nem os professores que o integraram. No entanto, em termos gerais, será fornecida a situação geográfica das escolas envolvidas. Os professores serão identificados por letras e estão divididos em quatro grupos - de acordo com o ano académico da sua colaboração. Participaram na investigação, de modo efetivo e conducente a análise, um total de sete professoras e um professor, e 15 turmas com um universo de 359 alunos, como se pode verificar na Tabela 7.

Após a realização do estudo piloto decidiu-se introduzir algumas questões no pós teste (Grupo C) que permitissem caracterizar, de um modo geral, a amostra (ver anexo F e M). Não se pretende estabelecer nenhuma relação entre as características sociais, económicas, e as preferências para as disciplinas, com os resultados obtidos, pois não será realizada uma análise estatística inferencial que permita retirar essas conclusões. Pretende-se apenas ter um maior conhecimento sobre os alunos que frequentavam o oitavo ano e que participaram neste estudo.

Da amostra de 359 alunos não responderam a este questionário os 53 alunos que constituem o estudo piloto, o que perfaz um total de 306 inquiridos, dos quais 236 são rapazes. As idades situam-se entre os treze (36,60%) e quatorze anos (60,78%), existindo apenas oito alunos com quinze anos. As respostas dos alunos permitem concluir, de um modo geral que:

- a taxa de reprovação é de 8,50%
- a disciplina favorita, para 30,72%, é a Educação Física, seguida de Inglês com 18,63% das preferências;

### CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

- a continuação dos estudos em cursos profissionais é selecionada por 44,44% dos alunos e apenas referem 16,99% a área das ciências;
- as habilitações dos encarregados de educação são, na sua maioria, o 12º ano (27,45%) e o 9º ano (13,40%), existindo porém um número significativo de alunos que preferiram não responder a esta questão (48,04%);
- 39,54% dos alunos responderam que sabem tocar um instrumento musical, dos quais 22,22% referem terem aprendido a fazê-lo numa escola.

Conclui-se que a taxa de reprovação é reduzida não existindo por esse motivo uma quantidade expressiva de alunos com conhecimentos sobre o som, adquiridos em sala de aula. Porém a frequência em escolas de música, de 22,22% dos inquiridos, condicionará bastante o conhecimento inicial com que os alunos chegam ao nível escolar a que se reporta esta investigação. A motivação dos alunos, tendo em conta as respostas ao nível da prossecução de estudos, será também diferente pois menos de 20% pretende seguir a área das ciências.

Uma análise geral permite distribuir a amostra por cinco distritos: Leiria, Lisboa, Portalegre, Évora e Viseu. Não se pretende com este estudo uma análise estatística nem estabelecer qualquer correlação entre a localização geográfica da amostra e os resultados obtidos.

No estudo piloto, participaram duas professoras, a professora A com uma turma experimental de 26 alunos e a professora B com uma turma controlo de 27 alunos.

O estudo inicial, decorreu em três locais distintos - uma cidade, uma região periférica e uma vila rural. Participou a professora C com duas turmas, uma de controlo e outra experimental, com 28 e 20 alunos respetivamente; e duas professoras, D e E - D com duas experimentais, (27 e 22 alunos) e E com uma turma controlo (26 alunos); e a professora F com duas turmas, sendo a experimental com 26 alunos e a turma controlo com 23 alunos. A professora F definiu o contexto social da sua escola como “*um meio pobre do interior*” e indica que nos tempos letivos de 45 minutos as turmas eram divididas em turnos de 13 alunos,

### CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

o que permitia uma gestão diferente durante a realização das atividades.

No ano letivo 2013/2014, decorreu o estudo intermédio, em duas zonas distintas - uma cidade e uma vila, do Alentejo. No grupo da cidade participou o professor G com uma turma de 25 alunos de controlo, e uma turma de 17, turma experimental. Da vila participaram duas turmas, orientadas pelo professor H: 24 alunos na turma controlo e 28 alunos na turma experimental.

No último ano em que a investigação foi desenvolvida, 2014/2015, participou a professora I de uma escola situada no centro de uma cidade, com duas turmas de 20 alunos cada, funcionando uma como experimental e a outro como controlo.

Professor	Estudo piloto		Estudo inicial				Estudo intermédio		Estudo final
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Escola I		Escola II	Escola III		Escola IV	Escola V	Escola VI	Escola VII
Nº de alunos (experimental)	26		20	27 22		26	17	28	20
Nº de alunos (controlo)		27	28		26	23	25	24	20
Aulas previstas (45m)	12	12	14	15	15	16	18	15	15

TABELA 7 - AMOSTRA TOTAL QUE PARTICIPOU NA INVESTIGAÇÃO E NÚMERO TOTAL DE AULAS PREVISTAS PARA LECIONAR O SOM

### CAPÍTULO III - FUNDAMENTOS E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

Relativamente à amostra de sete professores que integraram esta investigação, a distribuição de um questionário (Anexo K) permitiu as seguintes constatações:

- ✓ Seis professores são Mestres em Ensino e apenas um é Licenciado;
- ✓ Três professores têm mais de 25 anos de tempo de serviço, dois têm entre os 25 e os 15 anos e outros dois entre os 15 e os dez anos. Nenhum dos participantes tem idade inferior a 35 anos.
- ✓ Todos os professores indicam que o ambiente entre os alunos é bom, assim como entre os colegas de todas as áreas disciplinares.
- ✓ O ambiente entre os colegas do grupo disciplinar de Ciências Físico-Químicas é classificado como excelente por três professores, como bom para outros três e apenas um indica que o ambiente é razoável.
- ✓ Relativamente ao ambiente com a comunidade escolar a classificação sofre uma mudança, na medida em que 4 professores o classificam de bom e três de razoável.

Não se pretende com estes resultados estabelecer qualquer conclusão, ou relação causa efeito com os resultados que se irão apresentar. A sua apresentação tem como objetivo apenas caracterizar todos os envolvidos e desse modo poder entender melhor o contexto desta investigação específica.

Antes da investigação ter início, e após os professores se terem voluntariado, foi entregue aos elementos da direção de cada escola envolvida um documento informativo sobre a investigação e a solicitar autorização para a desenvolver (consultar Anexo A). Garantiu-se o total anonimato dos participantes e todas as escolas autorizaram o envolvimento neste projeto. No estudo piloto e no estudo inicial os alunos foram confrontados com os questionários, as atividades e os documentos, dentro da normalidade com que os professores distribuem o restante material - não colocando ênfase na investigação com o

objetivo de não criar variáveis no modo como os alunos se envolvem na aprendizagem e na realização de atividades. No estudo intermédio e no estudo final optou-se pela estratégia do envolvimento dos alunos na investigação, tentando criar um fator de motivação. Aquando da realização dos questionários (pré e pós testes) tanto os alunos da turma controlo, quanto os da turma experimental, foram informados que estariam a participar numa investigação e que todas as respostas seriam determinantes para os resultados da investigação. Considerou-se importante transmitir aos alunos que estes testes se destinavam a uma investigação e que deveriam mesmo apresentar as ideias que tinham sobre os conceitos abordados, não contribuindo estas respostas para avaliação da disciplina. Esta alteração, na estratégia seleccionada para divulgação de informação aos alunos, surgiu pela presença de respostas em branco e fora de contexto, que se detetaram no estudo piloto, especialmente na turma controlo. De acordo com Fortin et al (2009) os sujeitos que participam na investigação têm o direito de ser informados acerca da natureza, propósito e a duração da investigação para a qual são solicitados.

#### *2.3.2 Tratamentos das amostras*

Os alunos das amostras envolvidos nesta investigação foram sujeitos a metodologias de ensino diferentes que deram origem à sua classificação em dois grupos: controlo e experimental.

Os alunos das turmas controlo frequentaram as aulas sobre o Som, planeadas e executadas na sua escola sem nenhuma interferência da equipa desta investigação. De acordo com o questionário distribuído aos professores (Anexo K), pode concluir-se que as aulas seguiam a seguinte estrutura:

- Método expositivo na análise de exemplos e introdução dos conceitos teóricos, para todos os professores inquiridos (sete), assim como a utilização do diálogo como modo de ensinar;
- 71,5% (N=5) dos professores refere fazer demonstrações e apenas 28,5% indica que realiza atividades, e quando o faz recorre ao protocolo do manual. De modo um pouco contraditório, 85,7% dos professores refere fazer atividades para além das do manual.

Os alunos das turmas experimentais foram sujeitos à introdução gradual de práticas investigativas, através da realização das atividades propostas nas estações experimentais, acompanhadas por fichas de apoio e de consolidação (Anexo B, D e G). Esta estrutura ocupou cerca de metade das aulas calculadas para o Som - este valor sofreu pequenas oscilações uma vez que o número de aulas previstas pelos diferentes professores não era o mesmo, como se pode verificar na Tabela 7.

#### *2.3.3 Instrumentos de avaliação das aprendizagens*

Para medir o conhecimento dos alunos, antes e depois das aulas sobre o tema Som, foram criados instrumentos de avaliação - pré e pós testes - que foram respondidos pelos alunos das turmas de controlo e experimental, respetivamente antes e depois dos tratamentos. Estes instrumentos de avaliação foram projetados para serem respondidos em cerca de 20 minutos, opção tomada tendo por base a necessidade de não comprometer o cumprimento das planificações das aulas de Ciências Físico-Químicas. Quer nas turmas controlo, quer nas turmas experimentais, a introdução destes instrumentos ocupou no total uma aula de 45 minutos e os alunos responderam de forma anónima, colocando um código, definido pelos próprios, que deveriam repetir no pós teste, para que deste modo fosse possível identificar a evolução individual das aprendizagens.



O pré teste teve como finalidade determinar o nível de conhecimento dos alunos antes das aulas sobre o tema Som. Apesar deste tema ser objeto de ensino pela primeira vez no oitavo ano, a sua natureza faz com que exista uma atribuição de significado do dia-a-dia a muitos dos conceitos envolvidos, fazendo com seja muito pertinente avaliar os conhecimentos adquiridos fora da sala de aula. Segundo Chu et al (2009), os alunos tendem a ter opiniões idiossincráticas sobre os conceitos científicos que transportam para as aulas, e que são resultado de vários fatores como experiências sensoriais, influências dos seus pares, comunicação social e aulas anteriores. Este autor defende também que as concepções que os alunos têm sobre os diferentes temas são muitas vezes resistentes à mudança, com tendência para se tornarem firmemente enraizadas nas estruturas conceptuais dos alunos, sobretudo quando resultam de experiências quotidianas.

De acordo com de Almeida (2004):

*“Podemos então concluir que seja no Ensino Básico, seja no Ensino Secundário, é sempre necessário que no início de qualquer atividade lectiva um professor organize processos de ter acesso ao nível de conhecimentos prévios dos seus novos alunos.”(p.27)*

Para além da utilidade destes questionários para a investigação, são também muito úteis para os professores, de acordo com a mesma autora:

*“ (...) - o professor toma conhecimentos do que os alunos sabem e com que profundidade o sabem e em função das respostas organiza as aulas que se lhe seguem;*

*- o aluno apercebe-se do que pensa saber e, principalmente, das dificuldades que eventualmente sente ao tentar especificar, por escrito, as diferenças, semelhanças ou inter-relações entre conceitos” (p.28)*

Nesta investigação, a aplicação dos instrumentos de avaliação, teve como finalidade detetar a presença de determinadas concepções incorretas sobre o Som; e de comparar os resultados das aprendizagens

das turmas experimentais e de controlo com o objetivo de medir o impacto da metodologia proposta em comparação com modo de ensinar vulgarmente aplicado neste nível letivo.

De acordo com Tuckman (2000), a realização dos questionários utilizados para medir as aprendizagens deve passar por várias fases, sendo que a primeira é a realização de uma versão que deve ser testada por especialistas e aplicada a indivíduos semelhantes aos da população alvo.

Os pré, e pós, testes devem reunir algumas considerações específicas, de acordo com de Almeida (2004):

*“- devem ser sobre Física qualitativa (sobre ideias e a sua interligação) e não sobre Física quantitativa (resolução de problemas numéricos ou aplicação de fórmulas);*

*- devem conter situações do quotidiano, embora para níveis mais avançados possam conter também “situações de laboratório;*

*- podem ser de escolha múltipla, justificada. Como se conhecem muitas das préconceções cientificamente incorretas que muitos alunos têm sobre os mais variados assuntos da Física, é possível elaborar testes com opções de escolha múltipla nos quais cada possível resposta está diretamente relacionada com uma das eventuais confusões descritas na literatura de investigação educacional. Deve, no entanto solicitar-se sempre ao aluno que, em poucas linhas, indique a razão da sua escolha, ou seja, justifique a resposta. Poderá, além disso, facilitar-se ao aluno um espaço para ele dar uma resposta eventualmente diferente das respostas apresentadas na questão em causa”*  
(p.28)

À medida que a investigação em ação foi avançando, foram realizadas várias alterações de acordo com as sugestões dos especialistas (professores do Ensino Básico e Secundário professores do Ensino

Superior), e a análise cuidada dos resultados que se foram obtendo em cada implementação, até se atingir a última versão.

As alterações realizadas nos questionários, para além de questões relacionadas com a estrutura, dimensão e profundidade na abordagem a alguns conceitos, foram motivadas pelo tipo de questões que se entendeu ser mais adequado para investigar o problema em causa. Nos pré testes utilizados no estudo piloto, optou-se por colocar apenas questões de resposta aberta uma vez que se pretendia investigar a presença de préconceções, que não derivam do ensino anterior, mas sim do contacto que os alunos têm com o tema Som no dia-a-dia. O aluno teria oportunidade de usar as suas próprias palavras para explicar os seus modelos mentais. Porém verificou-se a existência de algumas respostas em branco o que conduzia à dúvida sobre a sua origem: desconhecimento do assunto ou dificuldade em escrever sobre as ideias existentes? Numa tentativa de resolver esse problema foram adicionadas questões fechadas em ambos os instrumentos (pré e pós), com opções de resposta que abrangiam as préconceções previamente identificadas - quer na literatura quer no estudo piloto. Este tipo de questões, segundo Tuckman (2000), trazem vantagens na objetividade da interpretação e facilidade na análise de dados, mas restringem o aluno às opções previstas pelo investigador. Porém, segundo o mesmo autor, através das questões de resposta aberta “*se evita influenciar o inquirido*” (p.127).

#### 2.3.4 Método de análise dos resultados

Para proceder a uma análise quantitativa, do entendimento conceptual dos alunos manifestado através dos instrumentos de avaliação, foi efetuado um tratamento aos resultados dos pré/pós-testes realizados pelos alunos, atribuindo cotação a cada tipo de resposta.

Calculou-se a média aritmética da distribuição de classificações nos pré e pós testes: em cada questão em particular e na classificação final nos

questionários - dependendo se o objetivo era a análise detalhada por conceito e eventual pré conceção incorreta associada, ou a comparação da aprendizagem global alcançada por cada turma, respetivamente.

Depois de obter a média, determinou-se o desvio padrão, utilizando a Equação 1 que permite medir a dispersão dos dados relativamente à média. Quanto maior for o seu valor maior será a dispersão dos dados (Martins 2013).

$$s = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}\right)}$$

EQUAÇÃO 1 - DESVIO PADRÃO

Para avaliar a evolução alcançada por cada turma calculou-se o ganho absoluto (G), Equação 2, e ganho normalizado (g), Equação 3 (Hake, 1998):

$$G = R_2 - R_1$$

EQUAÇÃO 2 - GANHO ABSOLUTO

$$g = G / (M - R_1)$$

EQUAÇÃO 3 - GANHO NORMALIZADO

Em que aos símbolos se atribui os significados,

G - ganho absoluto

g - ganho da média normalizado

R<sub>1</sub> - média no pré teste

R<sub>2</sub> - média no pós teste

M - cotação máxima

(M - R<sub>1</sub>) - ganho máximo possível

De acordo com Hake (1998) considera-se que para valores de  $g \geq 0,7$  o ganho é elevado, para  $0,7 > g \geq 0,3$  o ganho é razoável, e para  $g < 0,3$  o ganho é reduzido.



## CAPÍTULO IV

### DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

## CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

### 1. Introdução

Viennot (2007) descreve a Física como uma ciência que resulta da construção de uma explicação teórica coesa e preditiva dos fenômenos, no que respeita ao mundo material, considerando este um dos principais encantos da disciplina. Contudo revela preocupações quanto à focagem excessiva dos professores com a motivação dos alunos, mais particularmente, quando essa preocupação se traduz na introdução de aspetos dramáticos e de ilusão (histórias excitantes, instrumentos espetaculares, imagens artificialmente coloridas, entre outros).

*“A representação dramática da ciência exclui o que, supostamente, é necessário para enfatizar a coesão da Física: abstração, cálculo, esforço. Além disso, a economia e a coerência da Física, por mais características que sejam, não suportam facilmente as condições institucionais ou simplesmente práticas subjacentes à prática comum de ensino. Essas restrições muitas vezes induzem, os professores, a apresentar uma visão bastante fragmentada da ciência.” (p.77)*

A ligação entre conceitos e consequente desenvolvimento de modelos mentais que explicam os fenômenos físicos só pode ser eficaz se, no mínimo, se evita a inconsistência. De acordo com Viennot (2007), como a ciência não é a mera contemplação de fatos, a realização de uma atividade experimental, em sala de aula, para demonstrar determinado fenômeno, é supostamente útil para construir um novo conceito, mas a eventual simplicidade da sua execução pode negligenciar o envolvimento intelectual que é necessário para que os alunos realmente tirem benefício dessa realização.

Neves e Valadares (2004), defendem que é necessário investir na realização de atividades pelos alunos, nomeadamente nas experimentais, que deverão:

*“ (...) reconhecer a importância da teoria, pois existe uma interação dialética entre a teoria e a experimentação e, por outro lado, fomentar o desenvolvimento das capacidades práticas e de resolução de problemas usando processos de inquérito científico (Frade 2000). As atividades experimentais poderão ainda ajudar os alunos a “desmontarem” algumas das suas conceções prévias através do confronto das suas ideias com os resultados experimentais” (p.7)*

Defende-se que a estrutura proposta assenta numa dinâmica motivadora na medida em que envolve os alunos ao longo da execução com perguntas que potenciam ações contínuas para medir, comparar, estimar, refletir e negociar resultados com os colegas de grupo. Procurou-se alcançar uma lógica de hierarquização de conhecimentos e competências com vista a uma aprendizagem sequenciada e cujos patamares de dificuldade vão sendo gradualmente mais elevadas.

Considera-se que a base da explicação científica sobre o Som deve assentar em três temas: produção, propagação e receção. De acordo com de Almeida (2004):

*“Estes modelos físicos, devido a uma certa complexidade intrínseca (a sua descrição envolve funções de duas variáveis) e ao seu carácter abstrato, não são de fácil compreensão por alunos deste nível de escolaridade.*

*No entanto entendemos que é possível fazer com que os alunos apreendam as noções fundamentais do comportamento das ondas mecânicas, de modo simples e interessante, mas que não deixa de ser correto. Acreditamos que este entendimento os encaminhará*



*para a compreensão dos fenómenos físicos envolvidos na produção, propagação e audição dos sons. Propomos então que, como primeiro passo, se explore o conceito de ondas mecânicas utilizando um tratamento que deverá partir dos conhecimentos dos alunos, baseados em situações do seu dia a dia. “ (p.217)*

O facto do Som ser um tema do quotidiano dos alunos faz com que seja muito pertinente dar particular atenção aos conhecimentos, mais ou menos corretos, que resultam desse contato, pois a aprendizagem alcançada depende do significado que os alunos conseguem atribuir aos novos modelos estudados. A aprendizagem só será significativa se for tido em conta o conhecimento anterior, identificado como potencialmente inibidor do desenvolvimento conceptual. Os autores Neves e Valadares (2004) citam Ausubel et al (1980):

*“o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; determine isso e ensine-o de acordo” (p.8)*

Tendo então como ponto de partida as préconcepções e os conceitos considerados fundamentais para serem aprendidos neste nível letivo (que resultam da análise dos documentos oficiais e dos manuais) e que permitem uma adequada progressão de estudos, selecionaram-se três grandes temas como ponto de partida: ondas mecânicas e produção do som; propagação do som; e propriedades da onda sonora. Para cada tema foram preparadas, testadas previamente, e organizadas em documentos para os alunos, atividades que se consideram potenciar o desenvolvimento de competências cognitivas, atitudinais e processuais. Deste modo se estimula nos alunos a motivação e uma certa autonomia orientada, a criatividade e a discussão de ideias, conduzindo-os na procura de respostas e de justificações dessas respostas e fomentando a vontade de aprender.

Com a concretização da estratégia proposta pretendeu-se corrigir as préconcepções incorretas enunciadas na Tabela 8.

Temas	Pré-concepções incorretas
Ondas mecânicas e a produção do som	<p>Os sons podem ser produzidos sem a utilização de quaisquer objetos materiais;</p> <p>Os megafones criam sons;</p> <p>O som é apenas uma propriedade da fonte de som, algo que não é transmitido;</p> <p>Nem todos os corpos produzem sons;</p>
Propagação do som	<p>Som propaga-se mais rapidamente no ar do que em sólidos (ar é "mais fino" e oferece menos resistência);</p> <p>O som move-se entre as partículas de matéria (no espaço vazio);</p> <p>A velocidade do som não é constante (para o mesmo meio);</p> <p>O som não passa pela superfície de separação entre dois meios;</p> <p>O som propaga-se mais lentamente à medida que vai alcançando distâncias maiores;</p> <p>Velocidade confundida com intensidade - sons mais fortes são mais rápidos.</p>
Propriedades da onda sonora (altura, intensidade e timbre)	<p>A intensidade e a frequência do som são propriedades idênticas;</p> <p>Som de baixa frequência (som grave) move-se com velocidade diferente do som de alta frequência (agudo);</p>

TABELA 8 - LISTA DAS PRÉCONCEPÇÕES INCORRETAS, DIVIDIDAS PELOS TRÊS TÓPICOS ABORDADOS

## 2 Estudo Piloto

### 2.1 *Estratégia*

A aplicação da metodologia proposta, às turmas envolvidas no estudo piloto, organizou-se em 3 blocos distintos: Bloco 1: Ondas Mecânicas, Bloco 2: Vibração e Produção do som, e Bloco 3: Observação do som. (Anexo B). Os blocos devem ser trabalhados respeitando a ordem numérica, pois têm em conta a sequência proposta para a aprendizagem, ocupando um total de três aulas de 90 minutos - 60 minutos para a realização das atividades e os restantes 30 minutos para a logística (organização inicial dos alunos, movimento pelas mesas e tempo extra para finalização das respostas nos documentos). Contudo, estas sugestões relativas ao tempo necessário para a realização de cada atividade são meramente orientadoras e dependem do diferente contexto de cada turma - tendo sempre o professor a liberdade de ajustar a proposta à realidade da sua turma.

Em cada bloco há atividades distintas, que devem ser desenvolvidas através de rotação dos grupos de alunos pelas estações experimentais. Sugeriu-se aos docentes que desde o início da aula os alunos devem ter à disposição, em cada mesa, o material relativo às atividades e os documentos de apoio. Terminado o tempo para a realização da atividade os alunos devem trocar de mesa, deixando aquela na qual estiveram a trabalhar apta para o grupo seguinte concretizar a atividade, e assim sucessivamente. No final da aula cada grupo deve entregar ao professor um exemplar das suas fichas devidamente respondidas.

Ao professor forneceu-se todo o material necessário à concretização das atividades; os documentos de orientação para os alunos - a ficha orientadora da execução e questões potenciadoras do espírito criativo e investigativo que se pretendia desenvolver; e um documento com os conteúdos e objetivos previstos (materiais disponíveis no Anexo B). Nesta fase optou-se por não condicionar a aplicação da intervenção, deixando ao professor a decisão sobre o momento em que iria aplicar a estratégia. Apenas foi indicado que o pré teste teria de ser forçosamente

respondido antes da primeira aula sobre o Som e o pós teste após as aulas sobre este tema estarem concluídas.

✓ Bloco 1: Ondas Mecânicas

Com a realização das atividades do *Bloco Um - Mesa A: Slinky, Mesa B: Tina de Água, Mesa C: Simulador de Ondas*, pretende-se esclarecer que:

- as ondas mecânicas têm origem numa perturbação efetuada num meio;
- as perturbações propagam-se através de constituintes dos meios materiais (sólidos, líquidos, gases; não se propagam na ausência de meio material);
- há uma velocidade de propagação das perturbações (velocidade da onda);
- se as perturbações forem repetidas periodicamente e o meio for razoavelmente elástico, elas provocam movimentos ondulatório periódicos;
- as partículas do meio elástico movem-se mas voltam sempre à posição inicial (oscilam em torno de posições de equilíbrio no caso das ondas periódicas);
- as perturbações periódicas dão origem a oscilações com amplitude, frequência, período e comprimento de onda;
- quando se propaga uma onda, não há transporte de matéria através do meio mas apenas de energia;
- as ondas podem sofrer reflexão se encontrarem um meio com propriedades diferentes.

A primeira atividade proposta, denominada de Mesa A: Slinky, relaciona-se com ondas mecânicas que se propagam a uma dimensão. Após a realização desta atividade os alunos deviam estar aptos a compreender: o que são perturbações; como se propagam num meio elástico; o que se pode entender por velocidade de propagação; o que são ondas

periódicas; o que se entende por frequência e amplitude de uma onda periódica; que numa propagação num meio elástico apenas numa direção, a amplitude de oscilação de todos os seus constituintes é a mesma; que numa onda mecânica não há propagação de matéria; que numa onda mecânica há propagação de energia; que a energia propagada é tanto maior quanto maior for a amplitude da onda; que a energia é tanto maior quanto maior for a frequência da onda.

Na Mesa B: Tina de Água pretende-se, com um exemplo de ondas mecânicas a propagar-se em todas as direções sobre um plano, à superfície da água, esclarecer que: as ondas têm origem numa perturbação num meio elástico; provocam alterações da posição de cada ponto do meio, em torno sempre da mesma posição média por isso não existe transporte de matéria (o que é facilitado pela visualização de um objeto que flutua na água); transportam energia; a repetição periódica da perturbação origina ondas periódicas. Os alunos podem constatar a noção de comprimento de onda e verificar que, sendo a propagação sobre um plano, a amplitude de vibração dos pontos mais afastados da perturbação inicial é menor, o que se explica pela distribuição da energia da perturbação inicial cada vez por mais pontos do meio.

Com a Mesa C: Simulador de Ondas, os alunos podem manipular exemplos de uma onda mecânica, distinguir uma onda longitudinal de uma transversal, e explorar os efeitos das alterações induzidas na frequência e amplitude de uma onda através de representações gráficas.

✓ Bloco 2: Vibração e Produção do Som

Com a realização das atividades do *Bloco Dois* os alunos devem ficar a compreender que o som:

- tem origem numa vibração do meio;
- é uma onda mecânica que se propaga em meios materiais;
- pode ser caracterizado por uma frequência, uma intensidade relacionada com a amplitude e um timbre;

- propaga-se no ar com velocidade elevada (muito superior à dos movimentos vulgarmente observados no dia-a-dia);
- em condições vulgares, propaga-se em todas as direções, mas pode ser “canalizado”, ou seja, pode forçar-se a sua propagação a ser apenas numa direção;
- quando se propaga livremente em todas as direções a sua intensidade diminui com a distância à fonte;
- quando se propaga num meio elástico, apenas numa direção, a sua intensidade mantém-se constante.

Neste bloco cada mesa tem duas atividades - Tube e Palmas, e Cachimbo sonoro e Telefone, fazem parte da Mesa A: Vibração; Régua e Caixa de Cordas, e Xilofone e Garrafas de Água, constituem a Mesa B: Produção do som (Imagens disponíveis no Anexo O).

Com a atividade Tube e Palmas, que pertence à Mesa A: Vibração, acredita-se que os alunos possam perceber que o som resulta de uma vibração que se propaga em todas as direções (onda tridimensional). Usando os tubos mostra-se que quando o som se propaga apenas numa direção - quer através do ar dentro do tubo oco, quer através do cilindro metálico maciço - a sua intensidade permanece constante. Pretende-se que os alunos concluam que “ouvir melhor” está relacionado com a propagação ser a uma dimensão, seja através do ar, seja pelo metal (exemplo - índios a “ouvir o comboio). O Telefone, contruído com embalagens de plástico reutilizadas (exemplo - iogurte) e fio de pesca, permite a análise da propagação da vibração através de um sólido (fio de pesca).

O Cachimbo sonoro (Anexo O), construído com garrafas de água usadas, rolhas de cortiça e partes de mangueiras, permitirá os alunos explorarem uma situação em que conseguem visualizar diferentes vibrações em função das alterações que executam na fonte sonora (frequência e volume), uma vez que a vibração propaga-se até fazer

vibrar a membrana na qual estão os pedaços de cortiça. Estes pedaços de cortiça irão organizar-se em padrões diferentes, de acordo com a frequência selecionada pelos alunos na onda sonora.

Na *Mesa B: Produção do som*, com a atividade *Régua e Caixa de Cordas*, os alunos têm a possibilidade de verificar que a vibração provocada na régua passa às moléculas do ar, que começam a vibrar e ouve-se o som. Têm a possibilidade de verificar que quanto menor for a porção da régua para fora da mesa, maior será a frequência da vibração e mais agudo será o som produzido. Além disso, podem correlacionar a amplitude de vibração da régua com a intensidade sonora produzida. A caixa de cordas possibilitará a analogia com os instrumentos de cordas, nos quais quanto mais curta, mais fina e mais tensa estiver a corda, mais elevada será a sua frequência e, conseqüentemente, mais agudo será o som produzido. Na última atividade desta mesa, *Xilofone e Garrafas de Água*, os alunos podem soprar sobre o gargalo das garrafas de água, com diferentes quantidades de líquido, gerando vibrações que se propagam pela garrafa e pelo ar e que são detetadas pelo que som que produzem. Os alunos devem concluir que quanto menos água tiver a garrafa, maior o volume de ar, mais grave será o som produzido. O xilofone é a analogia com o instrumento metálico cuja dimensão da parte que vibra (o tubo metálico) condiciona a frequência da vibração do mesmo modo que a quantidade de água condiciona no caso das garrafas.

### ✓ Bloco 3: Observação do Som

Com a realização das atividades do terceiro bloco os alunos devem consolidar a compreensão dos conteúdos trabalhados e potenciar a criatividade - resolvendo desafios novos com os conceitos que já devem ter aprendido. Sugere-se a realização de uma demonstração pelo professor, com uma fonte sonora, um microfone e um osciloscópio, na qual vai explicando os princípios básicos do funcionamento do osciloscópio. Pretende-se que os alunos consigam “ver o som” e adquiram competências ao nível da representação gráfica.

Neste último bloco as atividades dividem-se em duas mesas: Mesa A: O osciloscópio - velocidade e intensidade, e Mesa B: “Observar” o Som.

A demonstração com o osciloscópio, na Mesa A: O osciloscópio - velocidade e intensidade pretende desafiar os alunos a verificar, através do osciloscópio e da análise da representação gráfica da vibração detetada pelo microfone, que à medida que a distância entre a fonte emissora e o recetor aumenta, a amplitude do sinal sonoro detetado diminui rapidamente.

A Mesa B: “Observar” o Som é uma consolidação de conhecimentos com exercícios de interpretação e análise gráfica.

## *2.2 Instrumentos de avaliação*

Para testar a eficácia do tratamento experimental em comparação com o de controlo foram usados os instrumentos de avaliação: pré e pós teste. Estrategicamente optou-se por pré e pós testes iguais (Anexo C). Nesse sentido a análise realizada é detalhada, comparando-se a evolução por questão, permitindo assim detetar os pontos de aprendizagem mais frágil e eventuais necessidades de alterações às atividades letivas.

A seleção das questões a incluir nos instrumentos de avaliação teve em conta as préconceções previamente identificadas e os assuntos diretamente abordados durante a aplicação da metodologia experimental para testar a sua eficácia. Por outro lado, considerou-se relevante colocar algumas questões gerais, que não estivessem diretamente associadas às atividades propostas, para uma comparação mais alargada entre os resultados das amostras experimentais e controlo.

Decidiu-se que todas as questões incluídas nos questionários fossem de resposta aberta pois deste modo os alunos teriam de utilizar palavras próprias para explicarem os seus modelos mentais. Segundo a autora de Almeida (2004):



*“Podemos considerar exemplos de perguntas possíveis para introduzir este assunto: Se vos perguntassem o que pensam que é uma onda, que responderiam?... Quem pode dar um exemplo de uma situação em que se fala de onda ou ondas?...” (p.217)*

Foi este o mote para a primeira pergunta, *“O que é para ti uma onda? Dá um exemplo”*. Pretende-se perceber de que modo os conhecimentos do dia-a-dia influenciam os alunos: que ideias associam à palavra onda, como as descrevem, e se surgem exemplos como as ondas do mar ou dos estádios de futebol. As respostas poderão evidenciar dificuldades relacionadas com a perceção que o som é uma onda que se propaga num meio. Esta questão é geral e abrangente, não focando diretamente as atividades propostas, mas aborda um conceito fundamental na aprendizagem do tema Som que permite identificar as representações de ideias científicas que os alunos já possuem. De acordo com Santos (1998), citado por Neves e Valadares (2004), estas préconcepções *“(...) devem ser encaradas como pontos de partida obrigatórios no processo de construção/reconstrução de conhecimentos”*. (p.8)

A segunda pergunta coloca os alunos perante uma situação em que o som, para ser ouvido, tem de atravessar a superfície de separação entre dois meios. Pretende-se detetar se existe dificuldade no entendimento que o som se propaga em diferentes meios, e não apenas no ar.

A questão 3 inclui duas alíneas e pretende-se verificar a existência de préconcepções ao nível da velocidade, nomeadamente detetar se os alunos consideram que a velocidade do som depende da sua intensidade.

Na última questão, os alunos têm de selecionar as afirmações falsas e justificar as suas opções. O objetivo é detetar se os alunos reconhecem que o som é uma onda (alínea a), se identificam uma fonte sonora (alínea b), se têm problemas em distinguir intensidade do som de velocidade do som (alínea c) e de frequência (alínea d).

### 2.3 *Análise quantitativa*

Por ser objetivo da realização do teste piloto aferir a qualidade dos questionários considerou-se pertinente fazer uma análise detalhada dos resultados por questão e não por média de turma, pretendendo-se assim obter uma primeira validação dos instrumentos de avaliação e medir a sua eficácia.

A resposta a cada questão foi cotada utilizando uma escala de zero a três, como mostra a Tabela 9 .

Cotação	Tipo de resposta
0	Resposta em branco e/ou anulada
1	Resposta errada
2	Resposta incompleta
3	Resposta correta

TABELA 9 - ESCALA UTILIZADA NA CORREÇÃO DOS PRÉ E PÓS TESTES, NO ESTUDO PILOTO

Calculou-se, em todas as perguntas, a média de cada tipo de resposta para que se identifiquem as questões que abrangem conceitos que apresentam maior dificuldade para os alunos. Determinou-se também a média global por pergunta para deste modo detetar a eventual existência de compreensões diferenciadas em relação a determinado assunto. Relativamente aos ganhos, como a análise realizada é detalhada e não global, entendeu-se ser importante verificar os ganhos em termos de respostas corretas (número de respostas com classificação três), uma vez que estamos perante um instrumento de avaliação que contém muitas questões de resposta aberta.

As três primeiras questões são de resposta aberta e por esse motivo compararam-se os resultados obtidos em cada uma. No Gráfico 1 e no Gráfico 2 estão representados os valores médios das classificações de cada uma das questões, no pré e no pós teste, respetivamente, para as

duas turmas que participaram no estudo piloto. Na Tabela 10 podem analisar-se os valores médios das classificações percentuais e os desvios padrão associados à dispersão das respostas, ou seja, o erro associado à média obtida por pergunta. De um modo geral, verifica-se que ambas as turmas apresentam um estado inicial semelhante, que se traduz por médias semelhantes no pré teste, embora pouco melhores para a turma experimental. Como se pode verificar através do ganho normalizado <math>\langle g \rangle</math>, a turma experimental evidencia uma evolução mais positiva do que a turma controlo - Tabela 12, 14 e 16. Após os tratamentos pode dizer-se que, de acordo com o critério de Hake (1998), as aprendizagens sobre os conteúdos das questões propostas não foram significativas para a turma controlo, com exceção da questão 2 que ficou no limiar mínimo do ganho razoável. Para a turma experimental as aprendizagens foram significativas exceto no que se refere à questão 3 b), permitindo verificar que este assunto não foi aprendido de modo eficaz pelos alunos, quer pertençam à turma controlo ou à turma experimental.

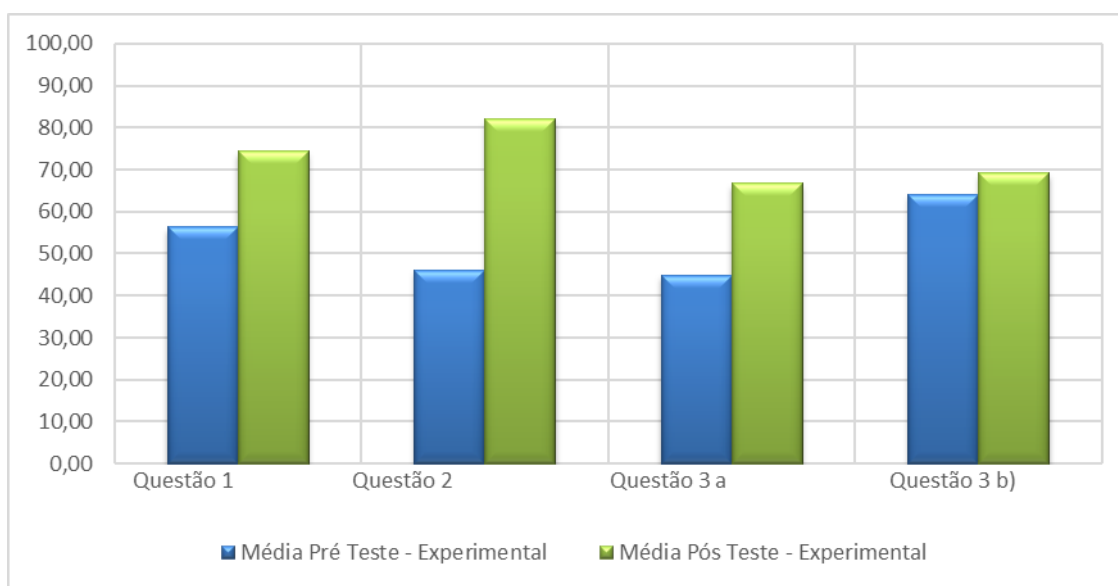


GRÁFICO 1 - MÉDIA POR QUESTÃO NO PRÉ E PÓS TESTE DA TURMA EXPERIMENTAL, NO ESTUDO PILOTO

## CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

Questão	Turma Experimental				Turma controle			
	Pré Teste (%)		Pós Teste (%)		Pré Teste (%)		Pós Teste (%)	
	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x}$	$s$
1	56,40	5,68	74,36	6,50	49,38	8,21	64,19	5,74
2	46,14	9,21	82,05	9,96	43,20	11,90	61,73	4,88
3 a)	44,87	10,80	66,66	6,82	44,44	7,64	46,91	8,57
3 b)	64,09	4,74	69,22	6,66	41,97	9,31	55,56	5,08

TABELA 10 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO, EM PORCENTAGEM, POR QUESTÃO, NAS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, NO ESTUDO PILOTO

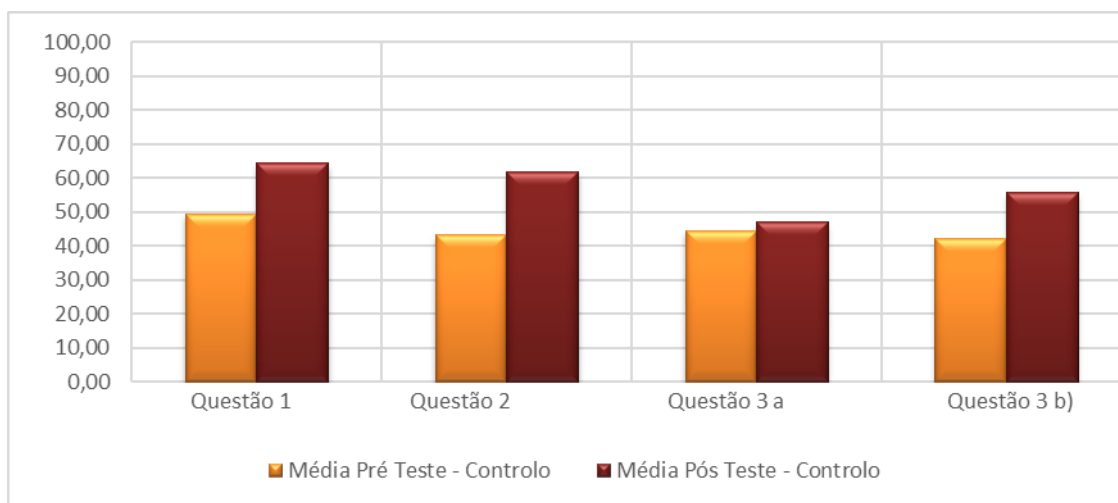


GRÁFICO 2 - MÉDIA POR QUESTÃO NO PRÉ E PÓS TESTE DA TURMA CONTROLO, NO ESTUDO PILOTO

Como complemento de análise, optou-se por comparar em termos percentuais, para cada uma das questões, o tipo da resposta que mereceu dos alunos.

Relativamente à questão 1, que envolve o conceito de onda e coloca em evidência a necessidade de os alunos usarem as palavras para

expressarem os seus modelos mentais, os resultados são relativamente superiores na turma experimental, como se pode analisar na Tabela 11. Na turma experimental 50 % dos alunos respondem corretamente ao pós teste, enquanto que na turma controlo esse valor é de 25,92%.

Questão	Pré Teste		Pós Teste		Tipo da resposta
	Turma Experimental	Turma Controlo	Turma Experimental	Turma Controlo	
1	19,23	3,70	50	25,92	Correta
	34,61	44,45	30,77	48,15	Incompleta
	42,30	48,15	11,53	18,52	Errada
	3,86	3,70	7,70	7,41	Não respondida

TABELA 11 - TIPOS DE RESPOSTAS DOS PRÉ/PÓS-TESTES, NA QUESTÃO UM, EM %, NO ESTUDO PILOTO

Calculou-se o ganho relativo às respostas corretas na questão 1 e constata-se, na Tabela 12, que o valor do ganho normalizado para a turma experimental corresponde, de acordo com Hake (1998) a uma aprendizagem significativa. A turma controlo apresenta um valor para o ganho normalizado que revela que as aprendizagens não foram significativas:  $g < 0,3$ .

Questão 1	Ganho absoluto	Ganho normalizado
	G	g
Turma experimental	31 %	0,38
Turma controlo	22 %	0,23

TABELA 12 - GANHOS NA QUESTÃO NÚMERO UM, DO PRÉ E PÓS TESTE, NO ESTUDO PILOTO

A questão 2 coloca os alunos perante um exemplo do quotidiano em que existe propagação do mesmo som em dois meios diferentes- na água e no ar. Pretende-se transpor os conceitos físicos para exemplos conhecidos pelos alunos e conduzi-los à interpretação do fenómeno propagação do som no quotidiano. Esta questão, nomeadamente a alínea b), relaciona-se implicitamente com os blocos de atividades propostos, nomeadamente a atividade, do Bloco Dois, Mesa B: Cachimbo Sonoro e Telefone. A alínea a) questão pode permitir detetar a presença de algumas das préconceções identificadas no Capítulo II:

*“O som não pode passar pela superfície de separação entre dois meios diferentes”*

*“Uma campainha dentro de água não toca porque a água não tem ar”*

Os resultados obtidos estão expressos na Tabela 13 em termos de percentagem e na Tabela 14 em termos de ganhos nas respostas corretas. É possível constatar que ambos os ganhos são significativos, sendo o da turma experimental o dobro da turma controlo. Parece inequívoco que, após a metodologia proposta, uma grande percentagem de alunos da turma experimental conseguiu entender que o som se propaga em diferentes meios e que consegue atravessar a superfície de separação entre eles.

	Pré Teste		Pós Teste		Tipo da resposta
	Turma Experimental	Turma Controlo	Turma Experimental	Turma Controlo	
Questão 2	11,53	7,40	69,23	37,04	Correta
	19,23	14,81	11,54	18,52	Incompleta
	65,38	77,78	15,38	37,04	Errada
	3,86	0	3,85	7,40	Não respondida

TABELA 13 - TIPOS DE RESPOSTAS DOS PRÉ/PÓS-TESTES, NA QUESTÃO DOIS, EM %, NO ESTUDO PILOTO

Questão 2	Ganho absoluto G	Ganho normalizado g
Turma experimental	58 %	0,65
Turma controlo	30 %	0,32

TABELA 14 - GANHOS NA QUESTÃO NÚMERO DOIS, DO PRÉ E PÓS TESTE, NO ESTUDO PILOTO

A questão 3 desafia os alunos a analisarem um cenário em que se utiliza uma mangueira para dois meninos estabelecerem uma comunicação, fazendo com que o som passe a propagar-se apenas a uma dimensão. Na primeira alínea pretende-se verificar se os alunos associam, erradamente, a mudança de intensidade a uma maior rapidez na propagação, e na alínea b se identificam diferenças no modo como o som chega ao recetor, com e sem mangueira.

Selecionou-se este exemplo por, eventualmente, ter sido realizado por alguns alunos em contexto não escolar, tornando-se um importante contributo para analisar o modo como os alunos criam os seus modelos mentais para explicarem os fenómenos, e também porque o assunto irá ser diretamente abordado nas questões do Bloco 2, na Mesa A: Palmas e Tubos. A análise da Tabela 15 e Tabela 16 mostra que o ganho na turma experimental é superior ao da turma controlo, contudo em ambas as situações é muito superior a percentagem de alunos que não conseguiu alcançar uma aprendizagem significativa.

	Pré Teste		Pós Teste		Tipo da resposta
	Turma Experimental	Turma Controlo	Turma Experimental	Turma Controlo	
Questão 3 a)	15,38	14,81	46,15	18,52	Correta
	7,69	14,81	11,54	11,11	Incompleta
	73,08	59,26	38,46	62,96	Errada
	3,85	11,12	3,85	7,41	Não respondida
Questão 3 b)	30,76	14,81	30,76	25,93	Correta
	34,62	7,41	50,00	22,22	Incompleta
	30,76	66,67	15,38	44,44	Errada
	3,86	11,11	3,86	7,41	Não respondida

TABELA 15 - TIPOS DE RESPOSTAS DOS PRÉ/PÓS-TESTES, NA QUESTÃO TRÊS, EM %, NO ESTUDO PILOTO

Questão 3		Ganho absoluto G	Ganho normalizado <g>
a)	Turma experimental	31 %	0,36
	Turma controlo	4 %	0,04
b)	Turma experimental	0%	0
	Turma controlo	11%	0,13

TABELA 16 - GANHOS NA QUESTÃO NÚMERO TRÊS, DO PRÉ E PÓS TESTE, NO ESTUDO PILOTO

Na questão 4 os alunos tinham de identificar as afirmações falsas (alíneas b, c e d) e proceder à sua correção. A percentagem dos alunos que reconheceram corretamente quais as afirmações falsas está indicada na Tabela 17.



Questão 4		a)	b)	c)	d)
Pré-Teste	Turma Experimental	88,46	84,62	80,77	11,54
	Turma Controlo	85,19	92,59	62,96	0
Pós-Teste	Turma Experimental	88,46	84,62	73,08	23,07
	Turma Controlo	74,07	74,07	55,56	11,11

TABELA 17 - RESPOSTAS CORRETAS, DOS PRÉ/PÓS-TESTES, NA QUESTÃO QUATRO, EM %, NO ESTUDO PILOTO

Relativamente à justificação das afirmações, corretamente assinaladas como falsas, na turma experimental, a percentagem de respostas adequadamente estruturadas e cientificamente válidas é:

- 84,62 % no pré teste e 84,62 % no pós teste, na alínea b.
- nenhum aluno, no pré e no pós teste, na alínea c.
- 3,84% (N=1) no pré teste e 23,07% (N=6) no pós teste, na alínea d.

Relativamente à turma controlo os resultados são:

- 92,59 % no pré teste e 74,07 % no pós teste, na alínea b.
- nenhum aluno, no pré e no pós teste, na alínea c.
- nenhum aluno, no pré e 3,70% (N=1) no pós teste, na alínea d.

Mais uma vez verifica-se que os resultados são insatisfatórios em ambas as turmas, exceto para a alínea b. Porém nesta questão todos os alunos justificaram as suas respostas voltando a escrever a mesma frase da questão, substituindo apenas a palavra “diferente” pela palavra “igual”. Na turma controlo alguns alunos passaram a assinalar a afirmação como verdadeira o que parece indicar uma evolução negativa na aprendizagem.

Esta questão 4 relaciona-se com vários conceitos sobre as características do som. Na alínea b os alunos que indicaram que a frase é verdadeira mostram dificuldade em interpretar o papel da fonte sonora (que se

mantêm a mesma) e do recetor (que não altera as propriedades do som emitido), considerando que cada megafone pode produzir sons diferentes quando ligado à mesma fonte. A alínea c e d colocam em evidência préconcepções amplamente divulgadas na literatura - confusão entre frequência e intensidade e velocidade; a esta última atribuem-se alterações ao longo do mesmo meio devido à perda de intensidade, à medida que a onda se propaga.

Esta questão apresenta semelhanças para ambas as turmas: as alíneas a) e b) apresentam médias muito elevadas (a percentagem mais baixa é de 84,62%) no pré teste, verificando-se uma diferença não significativa para o pós teste. A alínea c) apresenta um decréscimo na média das classificações obtidas para ambas as turmas, do pré para o pós teste, parecendo que terá existido um retrocesso na aprendizagem. A última alínea apresenta resultados muito baixos, quer seja antes ou depois das aulas.

### *2.4 Análise qualitativa*

O estudo piloto teve também como objetivo uma análise detalhada das respostas dos alunos para, numa perspetiva de evolução de uma investigação em ação se reformularem os instrumentos de avaliação e/ou a estrutura da metodologia de ensino proposta.

Nesse sentido destacam-se algumas das respostas dos alunos às questões em que se revelaram as maiores fragilidades de aprendizagem. Na Tabela 18 podem analisar-se respostas abertas dos alunos à questão 1 - “O que é para ti uma onda? Dá um exemplo”.

CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

	Aluno	Pré Teste	Pós Teste
Turma Experimental	A	<i>“Para mim uma onda é um movimento, uma força, um som que por exemplo as ondas do mar são uma força que o mar exige sobre si ou uma onda magnética é uma força.”</i>	<i>“Uma onda é uma vibração com determinada frequência e amplitude”</i>
	B	<i>“Uma onda é um sinal que é emitido por um emissor e recebido por um receptor como por exemplo: um rádio recebe as ondas (sinal) que está a ser emitido pela estação em que se está a ouvir.</i>	<i>“Para mim uma onda é um som, que é uma sensação auditiva produzida pela vibração de corpos, como por exemplo as ondas de rádio”</i>
	C	<i>“Uma onda é alguma imensidão que se propaga de forma a espalhar qualquer coisa, por exemplo, som ou água”</i>	<i>“Uma onda para mim é um som produzido por uma fonte sonora, que é onda é constituída por moléculas de ar”</i>
	D	<i>“É o som”</i>	<i>“Para mim uma onda é a propagação de energia de um lado para o outro, sem haver transporte de matéria”</i>
Turma Controlo	A	<i>“Uma onda é alguma coisa relacionada com a água ou com a velocidade de alguma coisa”</i>	<i>“Uma onda é onde se propaga alguma coisa”</i>
	B	<i>“A onda pode ser da praia, mas existem as ondas do som</i>	<i>“Depende, existem as ondas longitudinais e transversais,</i>

		<i>que quanto mais caminho percorrem mais baixas vão sendo</i>	<i>dependendo se for da luz ou do som, e existem as ondas do mar</i>
	C	<i>“Uma onda é o movimento das placas tectónicas e que o provocam”</i>	<i>“Uma onda é uma frequência do som, por exemplo onda longitudinal”</i>
	D	<i>“É um som. Barulho de um carro.”</i>	<i>“Uma onda é uma perturbação (alteração) num meio, como por exemplo uma onda sonora”</i>

TABELA 18 - SELECÃO DE ALGUMAS RESPOSTAS DOS PRÉ/PÓS-TESTES, DA QUESTÃO UM, NO ESTUDO PILOTO

Na turma experimental, verifica-se que o aluno A revela, no pré teste, um problema muito comum nas aulas de Física - o uso de palavras com significados num contexto científico diferente daquele que os alunos lhe atribuem no dia-a-dia. De acordo com de Almeida (2004):

*“A utilização de palavras com significados fluidos - podendo a mesma palavra significar coisas diferentes em contextos diferentes, ou sendo várias palavras utilizadas com o mesmo significado - também é um fator prejudicial na construção e explicação dos esquemas conceituais contruído pelos alunos em idades pré-escolares” (p.26)*

Por outro lado, o aluno B mostra, logo no pré teste, um vocabulário com conceitos de Física, corretamente enquadrados na frase e já não é tão correto no pós teste. Os alunos C e D revelam uma evolução positiva, sobretudo no modo como organizam as suas ideias depois das aulas sobre o Som.

Na turma controlo, o aluno A utiliza em ambos os testes as palavras *“alguma coisa”*, o que pode evidenciar a dificuldade em colocar as suas ideias na resposta, atribuindo significado às palavras. O aluno B utiliza os conteúdos de Física na resposta do pós teste mas mantém o exemplo

que tinha referido no pré, o mar, confirmando a importância da aprendizagem encaixar no conhecimento anterior, pois só deste modo lhes fará sentido. Pelo contrário, a resposta do aluno C mostra uma mudança de contexto, escrevendo no pós teste unicamente sobre o som enquanto que no pré referia o movimento das placas tectónicas. Um último aluno mostra uma grande evolução para o pós teste, com a correta utilização dos termos científicos.

Em relação à questão 4 destacam-se as alíneas c e d, nas quais os alunos tiveram de justificar as opções que tinham assinalado como falsas.

Relativamente à alínea c, tanto no pré como no pós teste, da turma controlo e da turma experimental, as justificações são sempre duas:

*“Um som grave é um som intenso” ou “Um som grave é um som muito intenso”*

A maioria dos alunos no pré teste identifica como falsa a afirmação *“Um som grave é um som pouco intenso”*, porém justificam a afirmação escrevendo-a no sentido oposto. No pós teste alguns desses alunos alteram a sua resposta e afirmam que a frase é verdadeira e os restantes mantêm a mesma resposta que já tinham escrito anteriormente. Parece existir uma evolução negativa na aprendizagem em qualquer uma das turmas.

Parece poder concluir-se que, após as aulas, alguns alunos mantêm o esquema conceptual que traziam sobre a relação entre intensidade e frequência e outros alteram-no sem o conseguirem justificar. Em qualquer das situações a aprendizagem alcançada não foi significativa.

As justificações da alínea d são poucas uma vez que a maioria dos alunos assinalou a frase como verdadeira o que pode revelar dificuldade em entender que no mesmo meio o som se propaga à mesma velocidade e o que diminui à medida que a distância aumenta é a intensidade do Som.

No pré teste da turma experimental há um aluno que, considerando a afirmação falsa a justifica do seguinte modo *“Não, o som propaga-se à mesma velocidade. O volume é que diminui com a distância percorrida”*. No pós teste, o mesmo aluno escreve *“Vai à mesma velocidade mas com menos energia”*. Este exemplo comprova a quantidade de informação

sobre o tema que os alunos já possuem antes das aulas, o que provoca eventuais diferenças no estado inicial de conhecimento de cada aluno, dentro da mesma turma.

Relativamente à professora que participou no estudo piloto, registou as suas sugestões no final do Guião das atividades (Anexo B) das quais se destacam as seguintes fragilidades:

- “- considero as atividades muito extensas para o tempo proposto (cada atividade ocupou uma aula de 45m)*
- tive dificuldade em gerir três mesas experimentais diferentes - turma muito grande e cada grupo tinha 5/6 alunos;*
- senti dificuldades na abordagem às atividades e considero que necessitava de formação anterior às aulas para poder aplicar com sucesso a metodologia.”*

Relativamente às vantagens a professora indica que:

*“Os alunos mostraram-se entusiasmados com as aulas seguintes, curiosos com o que teriam de fazer em cada mesa e treinaram o trabalho em grupo e as atividades experimentais (o que até aqui não tinha acontecido). A simplicidade dos recursos também é um ponto favorável”.*

## 2.5 Conclusões

A análise detalhada dos resultados do estudo piloto mostra que os alunos conseguem identificar como verdadeira a frase “*O som é uma onda*”, da questão 4, mas não conseguem explicar através dos seus modelos mentais o que entendem por onda, na questão 1. O desenvolvimento de competências de leitura e de escrita são determinantes para bons resultados neste tipo de respostas e os alunos poderão ter dificuldades nessas competências que se revelarão neste tipo de questões.

Apesar dos fracos resultados com a questão 1 decidiu-se mantê-la nos questionários pela importância que tem este conceito e pela possibilidade de analisar várias préconcepções através das respostas abertas dos alunos. Considera-se que a noção de onda é crucial para que compreendam não só o Som, mas os conceitos de Luz que são lecionados imediatamente a seguir, no oitavo ano. Também para aqueles alunos que irão prosseguir os estudos na área das ciências a noção de onda é basilar para entenderem outros conteúdos, nomeadamente os que estão associados à ótica, mecânica quântica e fenómenos envolvendo radiação eletromagnética.

Eshach e Schwartz (2006) referem que os professores devem reunir esforços para fortalecerem nos seus alunos o entendimento da importância do meio na propagação do som e na compreensão profunda do significado de ondas sonoras. Alertam para o facto de nem sempre os professores estarem atentos à associação que os alunos fazem entre as ondas do mar e as ondas sonoras, devendo dedicar mais tempo a explorar as diferenças entre estes conceitos. Esta associação pode ser utilizada como uma analogia, aproveitando as semelhanças e tendo em atenção que a onda do mar não representa um movimento periódico e que pode induzir nos alunos a noção errada do transporte de matéria, durante a propagação.

A análise detalhada das respostas abertas dos pré e pós testes permitiu identificar algumas preconcepções inéditas, indicadas na Tabela 19, em percentagem, e que não tinham sido identificadas, numa fase inicial, com base na consulta da literatura.

A análise das atividades realizadas, e dos resultados obtidos nos questionários, permite concluir que o Bloco 1: Ondas Mecânicas e o Bloco 2: Vibração e Produção do Som são aqueles cujas atividades menos contribuíram para uma aprendizagem significativa e que devem ser alvo de alterações na próxima aplicação. Os instrumentos de avaliação devem incluir respostas de escolha múltipla para despistar se as dificuldades dos alunos se prendem com os conteúdos de Física ou se são ampliadas pela dificuldade que têm em contruir respostas. Considera-se também relevante aumentar a informação disponibilizada aos professores de modo a que se sintam mais confiantes com a gestão destas atividades nas suas aulas.

Préconceções	Pré Teste (%)		Pós Teste (%)	
	Turma Experimental	Turma Controlo	Turma Experimental	Turma Controlo
Velocidade do som no ar igual à velocidade do som no líquido	7,69	14,81		
Velocidade do som no ar maior que a velocidade do som no líquido	44,24	48,15	29,63	25,93
Som sofre eco na água		3,70		
Água abafa/tapa/bloqueia o som	28,63	37,04	7,69	3,70
A água aumenta o som do objeto		3,70		
O som não se propaga nos sólidos		14,81		
Velocidade do som no ar igual à velocidade do som nos sólidos	7,69	7,40	7,69	3,70
O som propaga-se no vazio				3,70

TABELA 19 - PERCENTAGEM DAS PRÉCONCEÇÕES IDENTIFICADAS NO ESTUDO PILOTO



### 3 Estudo Inicial

#### 3.1 *Estratégia*

Relativamente ao estudo piloto decidiu-se fazer algumas alterações, nomeadamente a introdução de uma explicação sobre o objetivo da metodologia e o contexto em que está inserida, focando a adequação aos documentos orientadores. (Ver anexo D). Adicionaram-se informações relativamente à dinâmica das estações experimentais e ao que se pretendia atingir com a investigação. Salientou-se ainda a importância do conhecimento anterior, para garantir que todos os alunos teriam, à data da realização das atividades, as ferramentas necessárias para as explorarem pois caso contrário podem tornar-se um foco desmotivador. O alargamento da investigação a um maior número de professores trouxe a necessidade de clarificar todos os aspetos de construção das atividades: disposição dos grupos na sala de aula, tempo disponível para cada atividade, diferentes funções dos alunos dentro do grupo, dinâmica na realização das atividades e mudança das estações experimentais. Focou-se ainda a importância de envolver os alunos na estrutura proposta, dando a conhecer todos os aspetos inerentes antes de a iniciarem, e o papel que o professor deve ter (organizador e distribuidor de tarefas, potenciando gradualmente a independência na realização das tarefas).

Este novo documento tem ainda considerações gerais sobre o material que cada professor deve ter previamente preparado, para cada estação experimental. No estudo piloto considerou-se que essa informação estava implícita nos documentos, mas decidiu-se que a sua sistematização pode agilizar a preparação das aulas. Tendo em conta que em algumas escolas as aulas para o 8º ano têm a duração máxima de 45 minutos adaptaram-se as atividades de modo a que cada bloco pudesse ser realizado numa aula.

Em relação às atividades, o Bloco 1: Ondas Mecânicas, foram introduzidas alterações ao nível da construção e do tempo proposto. Em vez de três estações experimentais adaptou-se a estrutura para a

realização de apenas duas. Retirou-se a atividade do simulador de ondas, que passou para o terceiro bloco de atividades, por se considerar que a sua aplicação é mais vantajosa na parte final da metodologia como resumo de aplicação dos conhecimentos inicialmente adquiridos sobre ondas mecânicas.

No Bloco 2: Propagação do som em meios diferentes adaptaram-se as atividades - este bloco deixou de ter quatro atividades e passou a ter apenas duas: Palmas e mangueira e Cachimbo sonoro, água e madeira. Os resultados do estudo piloto alertaram para dificuldades dos alunos em entenderem a propagação do som no meio líquido e no meio sólido. Tendo em conta a gestão do tempo disponível, entendeu-se que a atividade Xilofone e garrafas de água podia ser retirada na medida em que se baseava na alteração da frequência de vibração em função da porção que vibra, cuja análise é possível através da atividade Régua e caixa de cordas, no bloco seguinte.

O Bloco 3, deixou de se chamar Observação do Som e passou a ser Produção de ondas mecânicas surgindo apenas com duas atividades. O sistema de estações experimentais em paralelo é interrompido devido ao tempo que cada atividade deve demorar (uma atividade está prevista ocupar o triplo de tempo da outra). Todos os grupos devem realizar em conjunto a atividade Régua e caixa de cordas (10 minutos) e para finalizar a atividade Ondas mecânicas no pc (30 minutos), ocupando assim a totalidade de uma aula de 45 minutos.

O último bloco mantém-se, pois, foi projetado como um momento de realização de exercícios de consolidação, aplicados a situações experimentais, em que os alunos registam as suas interpretações numa ficha, recorrendo às aprendizagens que desenvolveram com as atividades.

Pequenas alterações estruturais foram realizadas nas fichas de apoio à metodologia, nomeadamente no modo como são abordados alguns conceitos e fornecidas as indicações para a execução das atividades. Considerou-se que algumas questões não estavam suficientemente esclarecedoras e diretas. Uma vez que a linguagem é determinante para a aprendizagem dos alunos, os documentos foram detalhadamente revistos e realizadas pequenas alterações cirúrgicas que se consideram potenciadoras de um melhor entendimento do que se pretende que cada aluno execute, e conclua, com a proposta. Em algumas situações recorreu-se a esquemas para facilitar o entendimento do que era pedido em termos de execução.

Tendo sido detetadas no estudo piloto dificuldades ao nível do entendimento da velocidade do som, solicitou-se o cálculo da velocidade de propagação de uma onda mecânica, na primeira atividade, para que os alunos recordassem o conceito de velocidade e pudessem, em seguida, aplicar à onda sonora (um exemplo de uma onda mecânica).

No Bloco 1, na atividade da Mesa B: Tina de água, introduziu-se a componente gráfica. Solicitou-se aos alunos que desenhassem representações gráficas de ondas com características físicas diferentes (amplitude e frequência).

O início do Bloco 2, que diz respeito à propagação, começa por se fazer a ponte entre as ondas mecânicas e o som, com a atividade Palmas e mangueira e a introdução de uma questão nova. Considerou-se que no estudo piloto essa relação, ainda que implícita, não estava suficientemente clara para os alunos. Esta atividade, para ser realizada, exigia por parte dos alunos, leitura das indicações da ficha de apoio, execução de alguns movimentos e alteração de posições. Esta sequência verificou-se complexa no estudo piloto e, para simplificar, corrigiu-se o texto e introduziram-se esquemas. Considerou-se que se poderiam aumentar as potencialidades desta atividade introduzindo questões que relacionam o modo como varia a amplitude da onda com a distância, e que focam o facto da velocidade se manter constante, no mesmo meio,

apesar da distância. Com a atividade do Cachimbo sonoro, água e madeira foram realizados ajustes para potenciar a vantagem da visualização da vibração provocada pelo som, solicitando aos alunos que alterassem alternadamente o volume e a frequência da fonte sonora e tirassem conclusões. Introduziu-se nesta mesa uma atividade com a passagem do som de um meio líquido para o meio gasoso até chegar ao ouvido do aluno, e outra análoga, mas com o som a propagar-se num meio sólido. Tentou-se com esta atividade eliminar as préconcepções detetadas no estudo piloto “Água abafa/tapa/bloqueia o som”, e as dificuldades que os alunos têm em entender o movimento de propagação do som através do meio sólido.

O terceiro bloco, surge como um sistematizador do que foi abordado até essa fase, com a aplicação ao som do que os alunos aprenderam sobre ondas mecânicas. Considera-se pertinente manter a atividade com o simulador pois permite variar grandezas físicas e verificar nas representações gráficas o resultado dessas variações. Este tipo de exercícios deverá ser o complemento adequado às atividades experimentais, na medida que poderá permitir que os alunos façam a transposição para o papel do que testaram antes experimentalmente.

No bloco dos desafios foram realizadas algumas alterações ao nível da estrutura: introduziram-se mais exercícios de análise gráfica (alongação ao longo do tempo), solicitando aos alunos que desenhassem essas alterações, interpretassem e determinassem a velocidade de propagação da onda sonora. No estudo piloto apresentava-se uma proposta com recurso a um osciloscópio que foi retirada pois verificou-se que nem todas as escolas do Ensino Básico têm esse equipamento. Neste nível letivo considera-se mais importante que os alunos interpretem a representação gráfica e saibam, a partir dela, retirar as necessárias ilações. Assim, preparou-se um conjunto de questões que retratam situações que seriam obtidas através do osciloscópio, permitindo aos alunos treinarem a partir das respostas a essas questões.

### 3.2 Instrumentos de avaliação

Decidiu-se que o pré teste e o pós teste continuariam a ter uma parte comum - Grupo A, mas seriam acrescentadas, no pós teste, algumas questões diferentes que abordassem os mesmos conceitos - Grupo B, e um grupo de questões sobre as motivações e expectativas do alunos - Grupo C. (Anexo E e F). Pretendeu-se uma comparação direta através das questões iguais, mas também introduzir diferenças para que não existisse o risco de reprodução das respostas e para confirmar se realmente a aprendizagem foi, ou não, alcançada.

Relativamente às questões existentes no estudo piloto, foram realizadas algumas alterações relacionadas com pequenas correções linguísticas de modo a facilitar a interpretação das situações apresentadas e eliminar eventuais confusões que os cenários descritos podiam gerar.

Alterou-se o contexto da questão 2 uma vez que se verificou que os alunos se focaram na necessidade do rádio ser à prova de água e/ou das colunas não conseguirem funcionar dentro de água. Optou-se por substituir por um relógio à prova de água. Esta questão está, desde o estudo inicial, diretamente relacionada, com a atividade da Mesa B Cachimbo sonoro, água e madeira do Bloco dois. Esta questão, agora com duas alíneas, pretende aferir se os alunos identificam que o som se propaga no meio gasoso e no líquido, passando entre eles, e na alínea seguinte, se associam que, para a mesma distância, a onda sonora demora mais tempo no meio gasoso pois a velocidade de propagação é menor do que no meio líquido.

A terceira questão foi alterada, sobretudo na primeira alínea, pois detetou-se que os alunos não se conseguiam focar no objetivo da pergunta - fontes sonoras à mesma distância fazem com que o som chegue ao recetor ao mesmo tempo, independentemente da intensidade (não se ouve um som mais intenso primeiro do que um som menos intenso). Porém as respostas, no estudo piloto, permitiram concluir que era atribuída mais importância ao facto dos meninos não falarem todos do mesmo modo do que a análise da velocidade de propagação,

desviando-se do foco da questão. Tendo sido detetadas confusões na resposta da alínea a) introduziram-se ligeiras alterações também na alínea b), uma vez que se trata de uma sequência, para clarificar eventuais problemas de interpretação da questão. A alínea b) introduziu uma mudança do meio de propagação da onda sonora e a última alínea pretendia testar o conhecimento sobre a diminuição da intensidade da onda sonora quando se propaga a três dimensões, quando comparada com a propagação a uma dimensão. Esta alínea está diretamente relacionada com a atividade do Bloco 2, Mesa A: *Palmas e mangueira*.

A questão 4 foi toda reestruturada. As duas primeiras alíneas foram retiradas uma vez que nos pré testes, mais de 80% dos alunos, quer na turma experimental, quer na turma controlo, acertaram na resposta (em alguns casos verificou-se um retrocesso, mas não significativo). Considera-se que estas alíneas não traziam uma mais valia na avaliação da aprendizagem alcançada. A primeira alínea passou a ser sobre a pré conceção: Sons mais fortes são mais rápidos (ou inverso: intensidade/velocidade); e a segunda sobre a movimento periódico. A alínea c) aborda o mesmo problema da alínea a) mas num contexto do quotidiano do aluno (som que sai do rádio) para detetar se as respostas são díspares para a mesma problemática, em contextos diferentes. A penúltima questão é sobre a relação entre amplitude e energia e a última sobre a velocidade de propagação num meio sólido comparada com o meio gasoso.

Introduziu-se, apenas no pós teste, um grupo B com questões de resposta curta seguidas de justificação. As duas primeiras questões abordam os mesmos conceitos que a questão 2 a), do grupo A. A terceira e quarta questão estão diretamente relacionadas com a questão 3 b).

Os instrumentos de avaliação pretendiam ser um meio para avaliar a presença de algumas préconcepções, como se pode verificar na Tabela 20, mas também para confirmar se foi alcançada a compreensão de alguns conceitos fundamentais para a aprendizagem do tema Som que se relacionam com as ondas mecânicas e movimento periódico, e a propagação do som a uma, duas e três dimensões.

Pré conceção	Grupo	Questão
O som propaga-se mais rapidamente no ar do que em sólidos	A	4 c)
	B	3
O som não pode passar pela superfície de separação entre dois meios diferentes	A	2 a)
	B	1
Uma campainha dentro de água não toca porque a água não tem ar	A	2 a)
A velocidade do som não é constante (para o mesmo meio)	A	4 a) 4 c)
Sons mais fortes são mais rápidos (ou inverso: intensidade/velocidade)	A	4 a) 4 c)

TABELA 20 - ASSOCIAÇÃO ENTRE AS QUESTÕES DO PRÉ E PÓS TESTE E AS PRÉCONCEÇÕES

Foram ainda introduzidos os Grupos C e D que pretendiam caracterizar as turmas que participaram no projeto - sobretudo ao nível motivacional (ver anexo F). No Grupo C foram adicionadas questões relacionadas com a pré disposição dos alunos para a aprendizagem, nomeadamente no que diz respeito a conteúdos científicos. O Grupo D foca, sobretudo, aspetos relacionados com o percurso escolar dos alunos.

### 3.3 *Análise quantitativa*

A análise dos resultados do estudo piloto revelou que as respostas dos alunos deviam ser classificadas numa escala mais abrangente e diferenciadora do tipo de aprendizagem. Entendeu-se que se deveriam classificar numa escala de zero a cinco, as questões de resposta aberta em que também é pedido ao aluno que indique um exemplo ou escolha uma opção (questão 1, 2 a, 3 a, 3 b, 4 a, 4 c e 4 e) , e uma escala de zero a quatro para as restantes questões (2 b e 3 c) como mostra a Tabela 21.

Resposta	Cotação	Tipo de resposta
Aberta com indicação de opção correta ou de exemplo	0	Resposta em branco e/ou anulada
	1	Resposta errada
	2	Exemplo/seleção correta + Justificação errada
	3	Exemplo/seleção correta + Justificação muito incompleta
	4	Exemplo/seleção correta + Justificação incompleta
	5	Resposta correta (exemplo/seleção + justificação)
Aberta	0	Resposta em branco e/ou anulada
	1	Resposta errada
	2	Justificação muito incompleta
	3	Justificação incompleta
	4	Justificação correta

TABELA 21 - ESCALA UTILIZADA NA CORREÇÃO DOS PRÉ E PÓS TESTES, NO ESTUDO INICIAL

No estudo inicial participaram sete turmas, divididas por quatro professores e três escolas, cujos resultados se podem analisar na Tabela 22, no Gráfico 3 e no Gráfico 4. Conclui-se que o estado inicial das turmas, verificado através dos resultados do pré teste, é muito semelhante para a mesma escola, parecendo verificar-se algumas diferenças consistentes com a mudança do meio escolar. Os valores médios situam-se entre os 30% e os 42% e indicam que os alunos têm já bastantes conhecimentos sobre o tema, o que condiciona a evolução que se pode alcançar.

É possível constatar que em cada escola, o ganho alcançado na turma experimental é indicador de uma aprendizagem significativa. De acordo com Hake (1998) considera-se que para valores entre  $0,7 > g \geq 0,3$  o ganho na aprendizagem é razoável, tendo sido esse o resultado obtido para as turmas experimentais, com exceção da turma C<sub>1</sub>. As turmas controlo apresentam sempre um ganho normalizado,  $\langle g \rangle$ , inferior a 0,3 o que representa que a aprendizagem alcançada não foi profunda. O



tema Som é um assunto cuja aprendizagem significativa é difícil de alcançar, neste nível letivo, mas os alunos das turmas experimentais alcançam melhor desempenho nos instrumentos de avaliação do que os alunos das turmas controle, em todas as escolas analisadas.

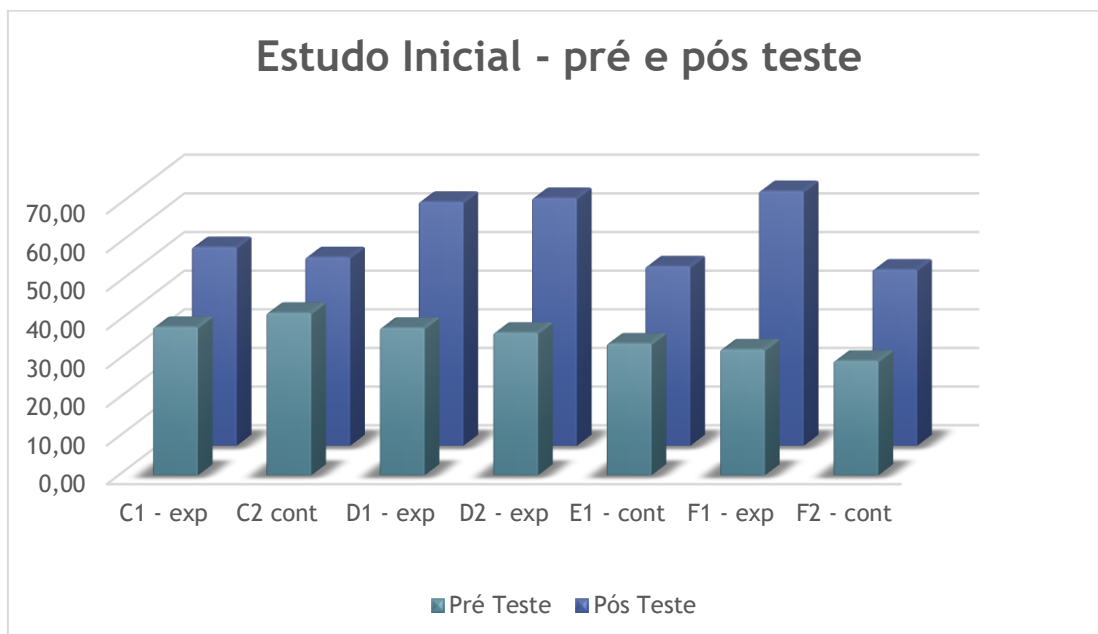


GRÁFICO 3 - MÉDIAS DO PRÉ E DO PÓS TESTE DE TODAS AS TURMAS QUE PARTICIPARAM NO ESTUDO INICIAL

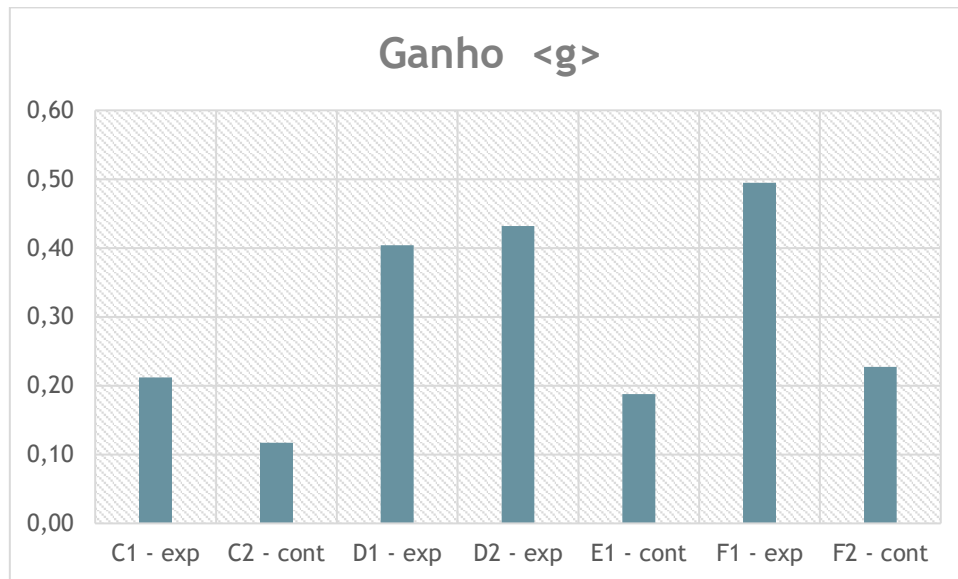


GRÁFICO 4 - GANHO PARA TODAS AS TURMAS QUE PARTICIPARAM NO ESTUDO INICIAL

Destaca-se a turma experimental da professora F que atingiu o maior ganho ( $\langle g \rangle = 0,49$ ) com características que a diferenciam das restantes pelo número de alunos (13). A turma experimental da professora C foi aquela cujo ganho foi menor, situando-se abaixo de 0,3 ( $\langle g \rangle = 0,21$ ) considerado por Hake (1998) como representativo de aprendizagem reduzida, assim como todas as turmas controlo. Contudo a turma controlo, da mesma professora, foi também aquela que apresentou um menor ganho ( $\langle g \rangle = 0,12$ ), não por apresentar os menores resultados no pós teste mas sim por ser a turma com melhor média nos pré testes.

CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

Turma	Pré Teste (%)		Pós Teste (%)		G	<g>
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
C <sub>1</sub> - experimental	38,37	9,88	51,43	11,12	13,1	0,21
C <sub>2</sub> - controlo	42,03	10,92	48,81	14,53	6,8	0,12
D <sub>1</sub> - experimental	38,16	7,25	60,67	13,60	22,5	0,36
D <sub>2</sub> - experimental	36,89	6,71	61,33	11,85	24,4	0,39
E - controlo	34,08	5,58	46,46	13,92	12,4	0,19
F <sub>1</sub> - experimental	32,56	7,02	65,93	12,07	33,4	0,49
F <sub>2</sub> - controlo	29,63	6,40	45,62	19,25	16,0	0,23

TABELA 22 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO E GANHO, EM TODAS AS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL DO ESTUDO INICIAL.

Como o pós teste estava dividido em dois grupos - Grupo A comum ao pré teste e Grupo B diferente do pré teste - considera-se pertinente analisar os resultados separadamente. De salientar que a cotação atribuída a cada grupo depende do número e tipo de perguntas, tendo tido o Grupo A mais influência na classificação final do pós teste do que o Grupo B. A análise da Tabela 23 permite concluir que em todas as turmas os resultados do Grupo B são superiores aos do Grupo A, exceto na turma experimental C<sub>1</sub>. Um dos motivos deste resultado poderá ser a estrutura dos grupos uma vez que o Grupo B tem quatro questões sendo duas de resposta curta - os alunos apenas tinham de selecionar as opções corretas, enquanto que no Grupo A todas as questões necessitavam de justificação.

Turma	Grupo A (%)		Grupo B (%)	
	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x}$	$s$
C <sub>1</sub> - experimental	52,21	14,40	49,75	17,05
C <sub>2</sub> - controlo	44,19	18,48	58,75	26,02
D <sub>1</sub> - experimental	56,85	16,36	76,67	11,35
D <sub>2</sub> - experimental	57,40	15,48	78,64	9,02
E - controlo	42,49	13,55	55,00	24,33
F <sub>1</sub> - experimental	63,42	15,75	71,35	17,75
F <sub>2</sub> - controlo	42,26	11,73	52,83	23,40

TABELA 23 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO NOS GRUPOS A E B DO PÓS TESTE, EM TODAS AS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DO ESTUDO INICIAL

Com o objetivo de realizar um estudo mais detalhado da aprendizagem alcançada, e das eventuais dificuldades a corrigir numa fase seguinte, irá desenvolver-se uma análise por questão, para o grupo A (questões comuns ao pré e pós teste), comparando a sua evolução do pré para o pós teste.

A primeira escola a desenvolver a metodologia no estudo inicial, escola II, participou com duas turmas - a turma C<sub>1</sub>, experimental, e C<sub>2</sub>, turma controlo. Estas turmas, do professor C, têm os seus resultados apresentados na Tabela 24, com a média e do desvio padrão, e na Tabela 25 com os ganhos, absoluto e normalizado, em cada questão. Verifica-se que as alíneas a e c, da questão 4, apresentam ganhos negativos tanto

na turma controlo quanto na turma experimental, o que parece induzir que existiu um retrocesso na aprendizagem dos modelos mentais sobre a velocidade e a intensidade do som. Porém apresenta valores de ganhos elevados para a questão 4 alínea e), que é sobre a comparação entre a velocidade do som no ar e nos sólidos, e na questão 2 alínea a) que está diretamente relacionada com as atividades desenvolvidas (Bloco 2).

A análise dos resultados parece apontar no sentido da não correção dos modelos mentais que os alunos tinham sobre a diferença entre velocidade e intensidade do som. A turma controlo tem outras questões nas quais também se identifica uma evolução negativa e que se relacionam com conceções associadas à propagação do som: velocidade, questão 2 alínea b), e propagação a uma dimensão, questão 3 alínea a). Nesta última questão os alunos apresentam uma média elevada de respostas corretas no pré teste, sendo por isso expetável a ausência de evolução. É interessante verificar que a questão 3 c) que está também relacionada com a propagação a uma dimensão, mas num contexto diferente, é aquela em que os alunos da turma controlo revelam um maior ganho, e tinham, à data da realização do pré teste, muitas dificuldades em interpretar.

A questão 4, em ambas as turmas, é a que apresenta menores ganhos e maiores valores de desvio padrão, o que significa uma grande dispersão nos resultados obtidos.

CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

Questão	Turma C <sub>1</sub> - experimental				Turma C <sub>2</sub> - controle			
	Pré Teste (%)		Pós Teste (%)		Pré Teste (%)		Pós Teste (%)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1	32,00	10,05	43,00	19,76	38,57	15,33	55,71	33,71
2 a)	46,00	24,37	78,00	18,32	49,29	17,62	60,00	21,57
2 b)	32,50	18,32	58,75	37,41	33,04	21,57	29,46	27,26
3 a)	60,00	12,98	72,00	28,58	67,86	22,67	63,57	34,45
3 b)	53,00	22,73	55,00	31,71	65,71	21,68	65,00	31,56
3 c)	33,75	14,68	43,75	13,75	39,29	21,97	65,18	41,58
4 a)	38,00	48,51	31,00	41,79	25,71	42,46	15,71	35,84
4 c)	23,00	41,69	22,00	38,88	36,43	45,56	13,57	34,02
4 e)	25,00	38,32	66,00	46,39	20,00	33,11	31,85	46,50

TABELA 24 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO, POR QUESTÃO DO GRUPO A, NAS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DA ESCOLA II, NO ESTUDO INICIAL

Questão	Turma C <sub>1</sub> - experimental		Turma C <sub>2</sub> - controle	
	G	<g>	G	<g>
1	11,00	0,16	17,14	0,28
2 a)	32,00	0,59	10,71	0,21
2 b)	26,25	0,39	-3,57	-0,05
3 a)	12,00	0,30	-4,29	-0,13
3 b)	2,00	0,04	-0,71	-0,02
3 c)	10,00	0,15	25,89	0,43
4 a)	-7,00	-0,11	-10,00	-0,13
4 c)	-1,00	-0,01	-22,86	-0,36
4 e)	41,00	0,55	11,85	0,15

TABELA 25 - GANHO, POR QUESTÃO DO GRUPO A, NAS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DA ESCOLA II, NO ESTUDO INICIAL

A segunda escola que participou neste estudo, Escola III, envolveu dois professores: o professor D, com as turmas  $D_1$  e  $D_2$ , experimentais, e o professor E, com a turma controlo. Os resultados da investigação desenvolvida na Escola III podem ser analisados na Tabela 26, através de média e do desvio padrão, e através da análise do ganho por questão na Tabela 27. Verifica-se que em todas as questões os ganhos são positivos e as turmas experimentais têm sempre ganhos mais elevados do que a turma controlo (exceto na questão 3 b) em que a turma  $D_1$  apresenta um ganho ligeiramente inferior). Destaca-se a média obtida em todos os pré testes, na questão 3 - os valores iniciais apresentam-se elevados não sendo por isso possível alcançar um ganho significativo. Parece poder concluir-se que os alunos desta escola apresentam, antes das aulas, conhecimentos sólidos sobre a propagação do som a uma dimensão e a relação entre a velocidade de propagação no meio sólido e no meio gasoso.

Também na escola III, em todas as turmas a questão 4 é a que apresenta menores ganhos e maiores valores de desvio padrão, o que significa uma grande dispersão nos resultados obtidos.

CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

Questão	Turma D <sub>1</sub> - experimental				Turma D <sub>2</sub> - experimental			
	Pré Teste (%)		Pós Teste (%)		Pré Teste (%)		Pós Teste (%)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1	38,52	7,70	64,44	22,42	38,18	8,53	66,36	33,04
2 a)	47,41	13,75	62,96	10,92	47,27	13,16	61,82	10,66
2 b)	25,93	10,92	70,37	27,77	27,27	10,66	69,32	27,74
3 a)	60,00	15,69	80,00	22,87	56,36	20,13	78,18	22,18
3 b)	68,89	21,72	71,85	23,70	64,55	20,41	75,45	23,04
3 c)	38,89	22,29	58,33	24,02	34,09	18,17	57,95	20,01
4 a)	19,26	37,82	30,37	45,19	10,00	26,73	32,73	46,00
4 c)	18,52	34,61	31,85	46,50	22,73	37,18	34,55	47,48
4 e)	23,70	37,23	44,44	48,78	29,09	39,39	42,73	49,49

Turma E - controlo

	Pré Teste (%)		Pós Teste (%)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1	32,31	11,42	45,38	35,13
2 a)	41,54	17,82	47,69	22,30
2 b)	33,65	22,30	41,35	35,31
3 a)	49,23	25,44	63,08	34,73
3 b)	60,77	23,65	66,15	29,81
3 c)	39,42	22,55	59,62	44,76
4 a)	10,77	23,48	13,85	30,34
4 c)	22,31	35,92	23,08	40,28
4 e)	17,69	29,57	25,38	40,62

TABELA 26 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO, POR QUESTÃO DO GRUPO A, NAS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DA ESCOLA III, NO ESTUDO INICIAL



Questão	Turma D <sub>1</sub> - experimental		Turma D <sub>2</sub> - experimental		Turma E - controlo	
	G	<g>	G	<g>	G	<g>
1	25,93	0,42	28,18	0,46	13,08	0,19
2 a)	15,56	0,30	14,55	0,28	6,15	0,11
2 b)	44,44	0,60	42,05	0,58	7,69	0,12
3 a)	20,00	0,50	21,82	0,50	13,85	0,27
3 b)	2,96	0,10	10,91	0,31	5,38	0,14
3 c)	19,44	0,32	23,86	0,36	20,19	0,33
4 a)	11,11	0,14	22,73	0,25	3,08	0,03
4 c)	13,33	0,16	11,82	0,15	0,77	0,01
4 e)	20,74	0,27	13,64	0,19	7,69	0,09

TABELA 27 - GANHO, POR QUESTÃO DO GRUPO A, NAS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DA ESCOLA III, NO ESTUDO INICIAL

Por último, na Escola IV, participou um professor, com duas turmas - F<sub>1</sub>, experimental, e F<sub>2</sub>, controlo, cujos resultados se apresentam na Tabela 28 e na Tabela 29. Estas duas turmas apresentam um estado inicial semelhante e foram as que apresentaram um maior ganho. Alguns resultados são consistentes com o que se verificou nas outras turmas: a questão 3 continua a ser aquela na qual os alunos revelam maiores conhecimentos consistentes anteriores às aulas; e a questão 4 apresenta resultados menos positivos com valores tais de desvio padrão que não se podem considerar resultados discriminativos. Contudo salienta-se que a análise do erro estatístico em ensino pode apenas significar que as turmas são heterogéneas. A questão 2 b) e a questão 3 a) apresentam os maiores ganhos na aprendizagem para a turma experimental. Pode concluir-se que os alunos, de certo modo, esclareceram os seus modelos mentais acerca das diferenças na propagação em meio sólido, líquido e

gasoso, a uma e três dimensões, depois de realizarem as atividades propostas. A turma controlo apresentou ganhos significativamente menores, sendo a questão 1 e a questão 3 c) as que apresentaram com ganhos representativos de uma aprendizagem significativa.

Questão	Turma F <sub>1</sub> - experimental				Turma F <sub>2</sub> - controlo			
	Pré Teste (%)		Pós Teste (%)		Pré Teste (%)		Pós Teste (%)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1	35,38	10,29	48,46	31,07	31,30	15,36	52,17	26,27
2 a)	42,31	14,23	63,85	11,14	37,39	20,97	46,09	24,25
2 b)	25,96	11,14	72,12	26,76	34,78	24,25	30,43	27,00
3 a)	55,38	18,16	79,23	22,96	46,09	23,63	59,13	26,42
3 b)	57,69	23,55	73,08	23,28	66,96	21,09	53,04	28,06
3 c)	39,42	22,55	38,46	20,29	38,04	24,33	60,87	34,49
4 a)	20,00	38,37	27,69	43,85	12,17	22,21	15,65	25,25
4 c)	19,23	35,09	33,08	46,97	35,65	29,90	9,57	23,19
4 e)	24,62	37,65	42,31	48,44	21,74	26,30	24,35	28,12

TABELA 28 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO, POR QUESTÃO DO GRUPO A, NAS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DA ESCOLA IV, NO ESTUDO INICIAL

Questão	Turma F <sub>1</sub> - experimental		Turma F <sub>2</sub> - controlo	
	G	g	G	g
1	13,08	0,20	20,87	0,30
2 a)	21,54	0,37	8,70	0,14
2 b)	46,15	0,62	-4,35	-0,07
3 a)	23,85	0,53	13,04	0,24
3 b)	15,38	0,36	-13,91	-0,42
3 c)	-0,96	-0,02	22,83	0,37
4 a)	7,69	0,10	3,48	0,04
4 c)	13,85	0,17	-26,09	-0,41
4 e)	17,69	0,23	2,61	0,03

TABELA 29 - GANHO, POR QUESTÃO DO GRUPO A, NAS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DA ESCOLA IV, NO ESTUDO INICIAL

### 3.4 *Análise qualitativa*

Foi realizada uma análise de conteúdo às respostas dos alunos no pós teste e selecionaram-se algumas respostas pela elevada frequência com que aparecem ou pela presença de modelos mentais mais fora do comum. Não se pretende nesta análise uma comparação entre as turmas experimentais e controlo mas identificar os eventuais modelos mentais que os alunos têm dificuldade em desconstruir.

*“(...) debaixo de água as partículas são muito pesadas”*

*“(..) a água não deixa o som passar para o exterior”*

*“Só consigo ouvir se estiver dentro de água porque as partículas são muito diferentes”*

*“(...) a água abafa o som” ; “(..) a água absorve o som”*

*“A água desacelera o tempo”*

*“Demora mais tempo dentro de água porque a água não é condutora do som”*

*“Fora da piscina demora mais porque o som é levado pelo vento”*

A análise do grupo C permitiu tirar algumas conclusões sobre os interesses dos alunos. As respostas a estas questões são dadas numa escala de Lickert com valores entre um e cinco, em que um significa “discordo totalmente” e cinco “concordo totalmente” (Anexo F e M).

A questão A “Gosto de ver programas de TV sobre a ciência” revela que, para a mesma escola, os resultados são semelhantes, como se pode verificar na Tabela 30. Na escola II, turmas C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub>, os alunos indicam que gostam de ver programas sobre a ciência (70% na turma C<sub>1</sub> e 50% na turma C<sub>2</sub>). Na escola III, as turmas D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> e E, têm como opções mais escolhidas a três (não concordo nem discordo), para as turmas experimentais, e a dois (discordo um pouco) na turma controlo. Por último, na escola IV a opção mais escolhida é a dois, para ambas as turmas. É possível concluir que a generalidade dos alunos refere gostar de ver programas sobre ciência, mas sem que essa opção seja muito significativa.

Questão A. Gosto de ver programas de TV sobre a ciência

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	C <sub>1</sub> - experimental	0,0	5,0	25,0	35,0	35,0
	C <sub>2</sub> - controle	3,6	17,9	28,6	35,7	14,3
	D <sub>1</sub> - experimental	3,7	14,8	37,0	29,6	14,8
	D <sub>2</sub> - experimental	4,5	18,2	36,4	31,8	9,1
	E - controle	3,8	30,8	23,1	26,9	15,4
	F <sub>1</sub> - experimental	7,7	42,3	19,2	15,4	15,4
	F <sub>2</sub> - controle	17,4	34,8	13,0	30,4	4,3

TABELA 30 - RESULTADOS DA QUESTÃO A, DO GRUPO C DOS PÓS TESTES, NO ESTUDO INICIAL

Relativamente à questão B os resultados apresentados na Tabela 31 são homogêneos, pois as respostas de todas as turmas situam-se entre o três (nem concordo nem discordo) e o quatro (concordo um pouco), sendo possível concluir que a leitura de artigos científicos não fará parte dos principais interesses dos alunos do oitavo ano que participaram neste estudo.

Para a questão “Gosto das aulas de ciência e das experiências de ciência na escola” é interessante analisar, na Tabela 32, que nenhum aluno selecionou a opção um (discordo totalmente) e a maioria, a rondar os 80%, escolheu a opção 4 quatro ou cinco (concordo um pouco e concordo totalmente, respetivamente). Parece ser unânime que os alunos gostam das experiências podendo essa predisposição para a sua realização ser um fator motivador.

Questão B. Gosto de ler artigos sobre a ciência em jornais e revistas

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	C <sub>1</sub> - experimental	20,0	25,0	25,0	15,0	15,0
	C <sub>2</sub> - controlo	7,1	17,9	32,1	39,3	3,6
	D <sub>1</sub> - experimental	11,1	25,9	29,6	29,6	3,7
	D <sub>2</sub> - experimental	18,2	22,7	36,4	18,2	4,5
	E - controlo	30,8	19,2	19,2	26,9	3,8
	F <sub>1</sub> - experimental	23,1	34,6	19,2	19,2	3,8
	F <sub>2</sub> - controlo	21,7	34,8	17,4	21,7	4,3

TABELA 31 - RESULTADOS DA QUESTÃO B, DO GRUPO C DOS PÓS TESTES, NO ESTUDO INICIAL

Questão C. Gosto das aulas de ciência e das experiências de ciência na escola

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	C <sub>1</sub> - experimental	0,0	0,0	15,0	50,0	35,0
	C <sub>2</sub> - controlo	0,0	10,7	10,7	46,4	32,1
	D <sub>1</sub> - experimental	0,0	0,0	11,1	44,4	44,4
	D <sub>2</sub> - experimental	0,0	0,0	18,2	50,0	31,8
	E - controlo	0,0	0,0	23,1	42,3	34,6
	F <sub>1</sub> - experimental	0,0	0,0	23,1	42,3	34,6
	F <sub>2</sub> - controlo	0,0	0,0	26,1	43,5	30,4

TABELA 32 - RESULTADOS DA QUESTÃO C, DO GRUPO C DOS PÓS TESTES, NO ESTUDO INICIAL

A Tabela 33 mostra os resultados da questão D “Agrada-me o conhecimento científico” e verifica-se que os alunos selecionam mais as opções três, quatro e cinco (nem concordo nem discordo, concordo um pouco e concordo totalmente, respetivamente) num padrão que se repete por todas as escolas, de um modo geral.

## Questão D. Agrada-me o conhecimento científico

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	C <sub>1</sub> - experimental	0,0	5,0	30,0	25,0	40,0
	C <sub>2</sub> - controlo	3,6	7,1	32,1	39,3	17,9
	D <sub>1</sub> - experimental	3,7	11,1	25,9	40,7	18,5
	D <sub>2</sub> - experimental	9,1	4,5	36,4	40,9	9,1
	E - controlo	3,8	0,0	26,9	38,5	19,2
	F <sub>1</sub> - experimental	3,8	11,5	26,9	38,5	19,2
	F <sub>2</sub> - controlo	4,3	13,0	30,4	39,1	13,0

TABELA 33 - RESULTADOS DA QUESTÃO D, DO GRUPO C DOS PÓS TESTES, NO ESTUDO INICIAL

A análise da Tabela 34, com as respostas à questão E “De todas as disciplinas de ciências, a Física é a que mais gosto”, permite verificar que a opção com maior percentagem é a três (nem concordo nem discordo) parecendo existir uma certa apatia em relação à disciplina, não se podendo destacar nenhuma das turmas pois todas seguem o mesmo padrão.

Para a última questão do Grupo C, “Gostei das experiências que fiz nas aulas de Física sobre o som”, as respostas que constam na Tabela 35 mostram que, de todas as questões deste grupo, esta é que obtêm maior percentagem de alunos a referirem que concordam totalmente com a afirmação. A realização de atividades parece ser um fator motivador, nomeadamente no que ao som diz respeito. A turma F<sub>1</sub>, experimental, da Escola IV, é a que se apresenta mais motivada entre todas as turmas (92,3% dos alunos selecionaram os dois níveis de concordância máxima). A turma controlo F<sub>2</sub>, controlo, também da mesma escola, é a única turma em que 100% dos alunos escolhem a opção quatro e cinco para demonstrarem a sua motivação.

Questão E. De todas as disciplinas de ciências, a Física é a que mais gosto

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	C <sub>1</sub> - experimental	5,0	15,0	40,0	30,0	10,0
	C <sub>2</sub> - controlo	14,3	14,3	28,6	21,4	21,4
	D <sub>1</sub> - experimental	7,4	18,5	29,6	22,2	22,2
	D <sub>2</sub> - experimental	9,1	13,6	40,9	9,1	27,3
	E - controlo	7,7	23,1	26,9	19,2	23,1
	F <sub>1</sub> - experimental	19,2	11,5	26,9	19,2	23,1
	F <sub>2</sub> - controlo	8,7	21,7	30,4	13,0	26,1

TABELA 34 - RESULTADOS DA QUESTÃO E, DO GRUPO C DOS PÓS TESTES, NO ESTUDO INICIAL

Questão F. Gostei das experiências que fiz nas aulas de Física sobre o som

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	C <sub>1</sub> - experimental	0,0	5,0	5,0	40,0	50,0
	C <sub>2</sub> - controlo	7,1	3,6	10,7	39,3	39,3
	D <sub>1</sub> - experimental	0,0	0,0	7,4	40,7	51,9
	D <sub>2</sub> - experimental	0,0	0,0	9,1	40,9	50,0
	E - controlo	0,0	26,9	15,4	38,5	19,2
	F <sub>1</sub> - experimental	0,0	0,0	7,7	38,5	53,8
	F <sub>2</sub> - controlo	0,0	0,0	0,0	43,5	56,5

TABELA 35 - RESULTADOS DA QUESTÃO F, DO GRUPO C DOS PÓS TESTES, NO ESTUDO INICIAL



As fichas de apoio à realização das atividades continham uma secção para os professores colocarem as suas sugestões (Anexo D), que se resumem nas seguintes indicações:

- todos os professores consideram os recursos adequados;
- todos os professores apontam a falta de tempo para a realização das atividades como a maior dificuldade;
- a professora C indica que a maioria dos grupos deixou perguntas por responder na ficha de apoio às atividades do bloco um e dois (em seis grupos apenas dois concluíram as atividades, que inclui o preenchimento das fichas);
- a professora D indica que os alunos necessitaram do dobro do tempo para realizarem a atividade do bloco três “Ondas mecânicas no pc”.

Durante a aplicação da metodologia foram desenvolvidos vários contactos por email no sentido de esclarecer dúvidas e partilhar aprendizagens. A professora C partilhava, antes do início da aplicação da metodologia, os seus receios:

*“Os alunos têm muitas dificuldades de aprendizagem, são muito desmotivados e têm também alguns problemas de comportamento que, embora não seja grave, impede muitas vezes o normal desenvolvimento dos conteúdos. Assim o nº de aulas previstas pode ser maior.”*

A professora D, num dos contactos trocados, após a realização do projeto refere:

*“Em relação ao trabalho experimental, os alunos gostaram imenso de realizar as atividades, mas empenharam-se de tal modo que se esqueceram do tempo que tinham para as concretizar. Pelo facto de os alunos terem revelado interesse na execução das atividades, questiono se existe a possibilidade de a*

*escola ficar com um cachimbo e a membrana para reproduzir. Aproveito a oportunidade para informar que foi um prazer colaborar neste projeto pois permitiu que trabalhássemos a um ritmo diferente e registamos a curiosidade dos alunos, perseverança e seriedade no trabalho que estavam a desenvolver.”*

A professora F, relativamente à evolução dos seus alunos e às classificações alcançadas nos testes de avaliação da disciplina indica:

*“Aprendi muito e os meus alunos do grupo experimental aprenderam também, porque o único teste de avaliação em que eles foram melhores do que os outros, foi o teste sobre Som. (Acrescento que a turma que escolhi para grupo experimental foi a minha pior turma do 8.º ano, fiz de propósito para comprovar a utilidade e eficiência do método desenvolvido no seu projeto.)”*

Também sobre a evolução dos alunos nos instrumentos de avaliação da escola a professora F refere:

*“Na minha ficha de avaliação o grupo experimental teve melhor média que o grupo de controlo, o que não se tinha verificado na primeira ficha de avaliação. Esta melhor média deveu-se ao facto de ter havido muitas classificações entre 70% e 90%. (..). Agradeço a oportunidade que me deu em fazer parte do seu projeto. Aprendi muito e os alunos gostaram muito das atividades”*

A opinião dos professores é muito importante pois foram eles que aplicaram a metodologia em sala de aula, que sentiram as dificuldades dos alunos e que tiveram de adaptar o seu modo de ensinar ao que lhes foi sugerido. Salienta-se que os professores que participaram no estudo inicial mostraram-se envolvidos e motivados para o projeto, e indicaram que também eles aprenderam com a proposta que lhes foi fornecida.

### 3.5 Conclusões

A análise dos comentários enviados pelos professores permitiu concluir que o tempo para a realização de cada atividade não estava corretamente ajustado. Tendo em conta que a metodologia está a ser aplicada por professores, que não fazem parte da equipa de investigação deste projeto, e que por esse motivo são os melhores avaliadores da sua aplicabilidade, decidiu-se reduzir o número de atividades. Definiu-se que o tempo máximo a ocupar com a realização das atividades não poderia ultrapassar 50% de todas as aulas previstas para o Som. Este limite tem em consideração o tempo necessário para as aulas de transmissão de conhecimentos antes das atividades, de consolidação após as atividades e para as aulas de realização de exercícios e outras estratégias que os professores possam eventualmente querer aplicar. Entendeu-se então que, para maximizar a potencialidade da metodologia proposta, tendo em conta o nível letivo dos alunos, seria necessário reduzir o número de atividades e propor um tempo de realização tal que permitisse a conveniente reflexão e discussão durante as mesmas. O objetivo, neste nível letivo, não é ensinar todos os conceitos sobre o som. O que se considera importante é que os alunos construam uma aprendizagem significativa sobre os conteúdos que se consideram aglutinadores para o correto entendimento do som: ondas mecânicas, propagação do som e produção do som e de ondas mecânicas. Entende-se que uma sistematização das principais ideias sobre estes três conteúdos conduzirá a uma aprendizagem adequada ao nível de ensino a que se reporta este trabalho.

O estudo inicial em relação ao estudo piloto, apresentou uma evolução na estrutura fornecida ao professor pois expôs-se com mais detalhe a metodologia proposta - descrição dos materiais, dinâmica de troca entre as mesas das atividades, papel do professor e a necessidade de serem fornecidos aos alunos as ferramentas de conhecimento necessárias para a realização da proposta. Estas alterações justificam-se, por um lado, com a necessidade de padronizar a aplicação da metodologia, e por

outro lado, porque a ausência de linhas orientadoras poderia desenvolver alguma insegurança nos professores que são os condutores desta proposta. Este envolvimento dos professores no processo de construção da investigação irá potenciar as necessárias mudanças que os professores terão de fazer para aplicar a metodologia as suas aulas, e de acordo com Fernandes (2006):

*“A estratégia mais eficaz para que ocorram as necessárias mudanças na comunidade educativa será o envolvimento de todos os intervenientes, numa dinâmica de ação-reflexão-ação.” (p.72)*

Com o objetivo de envolver os professores ainda mais na investigação decidiu-se que, para além das conversas informais, seria fundamental perceber o impacto que a aplicação desta estratégia de ensino terá suscitado na prática docente dos professores do grupo experimental. Esta alteração será concretizada na fase seguinte do projeto - estudo intermédio.

Em relação aos instrumentos de avaliação desenvolvidos, foram várias as alterações introduzidas, nomeadamente com a reestruturação de algumas questões, nas quais se tinham detetado falhas no estudo piloto. Relativamente ao pós teste decidiu-se dividir em dois grupos - Grupo A comum ao pré teste e Grupo B diferente - pois considerou-se pertinente analisar os resultados por cada grupo no sentido de verificar se existiu alguma memorização das respostas do pré teste e cujas diferenças se poderiam detetar no Grupo B. A introdução do Grupo B teve também como objetivo introduzir questões de resposta rápida. A análise dos instrumentos de avaliação do estudo piloto confirmou as dificuldades que os alunos têm neste nível letivo na construção de frases com significado e cientificamente corretas. Os resultados revelam que em todas as turmas as questões de resposta curta alcançaram melhores médias. Em relação ao Grupo A, a questão 4 continua a revelar resultados discordantes de uma aprendizagem significativa e com

valores de dispersão tais que não se podem considerar resultados passíveis de extrair conclusões efetivas.

A comparação entre as turmas experimentais e de controlo, no estudo inicial, revela que a aprendizagem alcançada foi superior para os alunos das turmas experimentais, tendo alcançado ganhos sempre superiores. Apesar de não se pretender generalizar os resultados parece ser possível afirmar que os alunos que participaram no estudo inicial desenvolveram modelos mentais mais corretos sobre o som e conseguiram traduzi-los nas suas respostas.

O Grupo C, introduzido a partir desta fase da investigação, no pós teste, permitiu analisar a amostra em termos motivacionais. A questão “Gosto das aulas de ciência e das experiências de ciência na escola” mostra resultados interessantes na medida em que é a única pergunta em que nenhum aluno selecionou a opção um (discordo totalmente). A última questão que se relaciona com a realização de experiências sobre o som, nas aulas de Física, os alunos das turmas experimentais revelam valores de concordância superiores, contudo é intrigante a análise das respostas dos alunos das turmas controlo, pois de acordo com os professores dessas turmas não terão sido realizadas atividades, exceto nas turmas da professora F.

As turmas da professora F demonstram estar muito motivadas para a realização das atividades o que poderá estar relacionado com a particularidade de, nesta escola, as turmas dividirem-se por turnos para a realização de atividades, pelo menos uma vez por semana.

## 4 Estudo Intermédio

### 4.1 *Estratégia*

As alterações realizadas nesta fase de desenvolvimento do projeto de investigação foram sobretudo ao nível da informação fornecida a professores. A reflexão realizada no estudo inicial mostrou que estava em falta o envolvimento do professor na investigação e nas suas características. Explicou-se, de modo detalhado, em documento de apoio (Anexo G), os fundamentos da estrutura *inquiry*, o objetivo que se pretende alcançar com esta investigação e o papel do professor na validação da metodologia proposta.

*“A metodologia proposta deverá criar nos alunos uma estrutura, de compreensão dos conceitos, fundamental para a progressão de estudos e permitir uma ligação entre eles. Esta construção que se pretende iniciar no 8º ano não é definitiva, antes pelo contrário é um início de um novo desenvolvimento cognitivo. Espera-se construir bases com utilidade para que possam ser reformadas ao longo do desenvolvimento cognitivo do aluno.*

*De acordo com a taxonomia de Bloom, existem 2 níveis de complexidade, no domínio cognitivo, antes da aplicação: 1º é o conhecimento e o 2º a compreensão. É necessário que estes níveis sejam alcançados antes da aplicação desta metodologia. Nestes níveis iniciais a linguagem tem um papel principal: é vital que os conceitos sejam percetíveis para os alunos. O papel do professor é fornecer os conteúdos necessários para que os alunos possam explorar cada atividade, através de uma linguagem clara e se possível recorrendo a situações do dia-a-dia. (...) Durante a aplicação das atividades o papel do professor é o de orientador e observador. Na fase seguinte, igualmente importante, o professor deverá refletir sobre os sinais, positivos e negativos, que detetou*

*durante a aula e também sobre o que verificou no preenchimento que os alunos realizaram das fichas que acompanham cada atividade. É importante que esse feedback seja fornecido à turma para que em cada nova atividade estejam num nível conceitual mais avançado do que na fase anterior.*

*O professor tem, nesta proposta, uma forte componente reflexiva e o seu envolvimento é fundamental para o seu sucesso. Ao questionar-se e questionar os contextos de aprendizagem e as suas práticas, em ciclos de reflexão-ação-reflexão permanente e sistemática, está a processar a recolha e produção de informação válida para basear as estratégias de ensino que irá desenvolver e de aprendizagem que irá fomentar, validando, ou não, a metodologia proposta.”*

Relativamente à estrutura da estratégia proposta refletiu-se sobre o nível letivo dos alunos, tendo em conta que para muitos poderá ser este o primeiro contato com a realização de atividades, discutidas e analisadas em grupo. Entendeu-se que no estudo piloto, e inicial, a gestão do tempo não foi corretamente alcançada, podendo ter sido a proposta demasiado ambiciosa. De acordo com as avaliações dos professores, é imprescindível reorganizar as tarefas uma vez que os alunos podem precisar de mais tempo para se adaptarem à dinâmica proposta. Nessa perspetiva o tempo previsto para a realização de algumas atividades duplicou, pois entendeu-se ser importante prever o tempo necessário para os alunos trocarem entre as estações, sentarem-se com os colegas a discutirem os resultados, enquanto preenchem as fichas.

O Bloco 1: Ondas mecânicas e o Bloco 2: Propagação do som em meios diferentes passaram de 45 para 90 minutos. Nas aulas de 90 minutos cada bloco deve ser todo realizado na mesma aula, com a troca entre as atividades. Serão necessárias duas aulas de 45 minutos para cada bloco, estando metade da turma a realizar uma a atividade de uma mesa e a

outra metade a realizar a atividade da outra mesa, alternando na aula seguinte. Estes dois blocos consideram-se os pilares desta metodologia e por esse motivo não sofreram nenhuma redução.

O *Bloco 3 Produção de ondas mecânicas e de som* mantém a interrupção do sistema de estações experimentais (uma atividade está prevista ocupar o triplo de tempo da outra) e o tempo proposto também duplica. Todos os grupos devem realizar em conjunto a atividade Régua e caixa de cordas (que passa agora para 30 minutos) e devem finalizar a atividade Ondas mecânicas no computador (cujo tempo de execução muda de 30 para 60 minutos).

### *4.2 Instrumentos de avaliação*

Apesar de terem sido detetadas fragilidades nos instrumentos de avaliação, nomeadamente na questão 4 do Grupo A, não se realizou nenhuma alteração em relação ao aplicado no estudo inicial. Como a investigação foi desenvolvida de modo dinâmico, e em anos letivos consecutivos, não foi possível realizar atempadamente as alterações necessárias nestes instrumentos. Algumas turmas iniciam o Som no fim do segundo período, enquanto outras tinham iniciado em setembro - em cada escola o grupo disciplinar têm autonomia para decidir a ordem com que são lecionadas as temáticas de Química e de Física, no Ensino Básico. Por este motivo, alguns resultados do estudo inicial só foram recebidos em junho de 2013 e o estudo intermédio teve início em setembro de 2013, não tendo existido oportunidade de analisar os resultados e refletir sobre eles de modo a proceder às alterações de modo ponderado e rigoroso.



### 4.3 *Análise quantitativa*

Os instrumentos de avaliação, assim como a escala usada para classificar os testes não sofreram alterações em relação ao estudo inicial.

Neste estudo estiveram envolvidas duas escolas, com um professor de cada uma delas - professor G e H - e participaram duas turmas experimentais, G<sub>1</sub> e H<sub>1</sub>, e duas turmas controle, G<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>.

No Gráfico 5 e é possível comparar a média dos testes em cada turma e no Gráfico 6 o ganho na aprendizagem. Verifica-se, como seria de esperar, que todos os pós testes têm melhor média do que os pré, existindo uma maior diferença nas turmas controle. A turma experimental do professor G, da escola V, é a que apresenta melhores resultados de todas as turmas analisadas até esta fase. Este professor informou que, em simultâneo com esta investigação

*“Estou a desenvolver um outro projeto de parceria com o conservatório local nas duas turmas”*

A turma experimental deste professor é também a turma com o menor número de alunos, entre todas as que participaram nesta investigação.

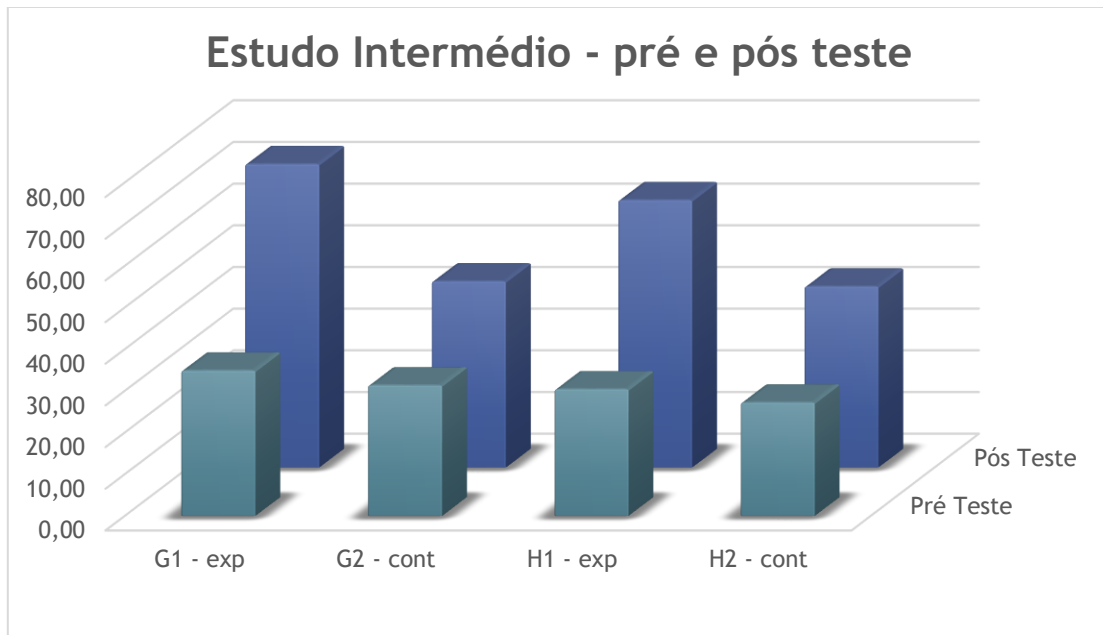


GRÁFICO 5 - MÉDIAS DO PRÉ E DO PÓS TESTE DE TODAS AS TURMAS QUE PARTICIPARAM NO ESTUDO INTERMÉDIO

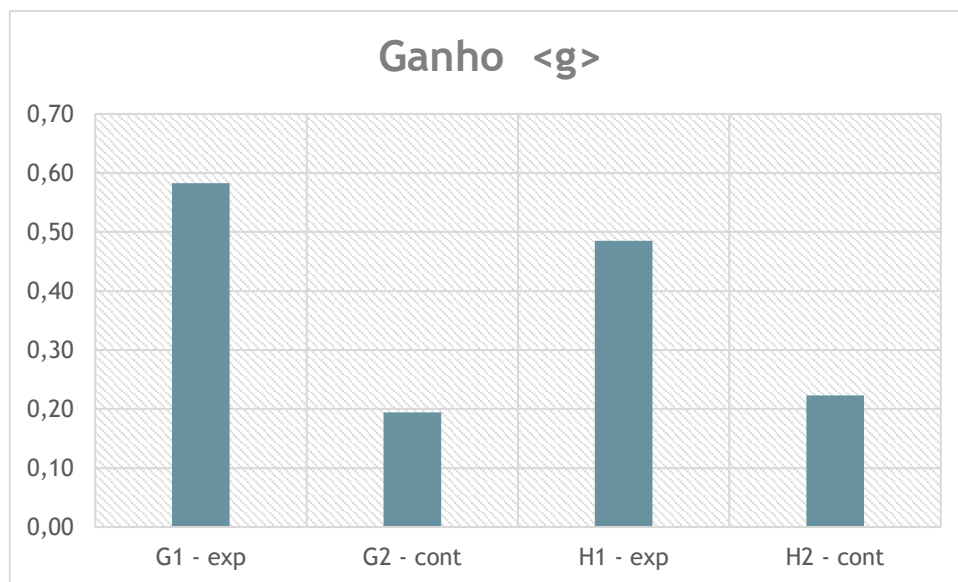


GRÁFICO 6 -GANHO NORMALIZADO DE TODAS AS TURMAS QUE PARTICIPARAM NO ESTUDO INTERMÉDIO

A Tabela 36 referente à percentagem das classificações nos instrumentos de avaliação corrobora as principais conclusões obtidas no estudo inicial: os resultados do grupo experimental são sempre superiores aos do grupo de controlo, dentro dos valores de dispersão determinados. Em relação ao estado inicial as turmas experimentais, deste estudo intermédio, parecem ter ligeiramente mais conhecimentos do que as turmas controlo, no início das aulas, diferença esta que se reflete na média dos pré testes. Neste estudo há uma grande diferença no ganho obtido em relação à turma experimental do professor G - a maior de todas detetadas nesta investigação. Para além da aplicação da metodologia estas duas turmas apresentavam outra distinção que poderá contribuir para explicar os resultados - o número de alunos (a turma experimental tinha 17 alunos e a turma controlo 25).

Turma	Pré Teste (%)		Pós Teste (%)		G	<g>
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
G <sub>1</sub> - experimental	34,88	6,88	72,83	8,09	37,9	0,58
G <sub>2</sub> - controlo	31,35	9,31	44,70	14,16	13,3	0,19
H <sub>1</sub> - experimental	30,40	7,25	64,17	9,85	33,8	0,49
H <sub>2</sub> - controlo	27,23	7,18	43,45	12,79	16,2	0,22

TABELA 36 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO E GANHO, EM TODAS AS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL DO ESTUDO INTERMÉDIO

Através da análise da Tabela 37 verifica-se que se confirmam os resultados do estudo inicial que apontavam para melhores resultados nas questões de resposta curta, para todas as turmas, mas também com maior dispersão. As turmas experimentais continuam a apresentar resultados coerentes com uma melhor aquisição de conteúdos.

Turma	Grupo A		Grupo B	
	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x}$	$s$
G <sub>1</sub> - experimental	71,00	8,74	76,76	13,80
G <sub>2</sub> - controlo	40,93	16,35	52,80	24,46
H <sub>1</sub> - experimental	61,63	14,45	69,64	13,79
H <sub>2</sub> - controlo	39,53	14,60	51,88	25,13

Tabela 37 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO NOS GRUPOS A E B DO PÓS TESTE, EM TODAS AS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DO ESTUDO INTERMÉDIO

Numa análise comparativa mais detalhada apresentam-se os resultados por questão na Tabela 38, para as turmas da escola V, e verifica-se que o estado inicial das turmas é relativamente semelhante, tendo os alunos bastantes conhecimentos sobre o som (várias questões com médias superiores a 30%, em ambas as turmas). A questão 3 a), apresenta, nos pré testes, valores médios na ordem dos 50% para ambas as turmas (45,88% para a turma experimental e 51,20% para a turma controlo). Os alunos revelam entender, antes das aulas, que a mangueira faz com que a amplitude do som que se ouve seja maior do que sem ela. Em sentido oposto, a questão 2 b), é a que apresenta piores resultados no pré teste, revelando que os alunos têm dificuldade em comparar o tempo que o som demora a propagar-se em diferentes meios. Após as aulas, na turma controlo, esta questão continua a apresentar dificuldades na aprendizagem. A questão 4, pelos elevados valores de dispersão não proporciona resultados interpretáveis.

Questão	Turma G <sub>1</sub> - experimental				Turma G <sub>2</sub> - controlo			
	Pré Teste (%)		Pós Teste (%)		Pré Teste (%)		Pós Teste (%)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1	42,35	18,55	70,59	20,15	29,60	11,72	44,80	29,60
2 a)	42,35	21,07	76,47	9,70	33,60	19,77	54,40	15,28
2 b)	22,35	9,70	58,82	28,70	24,00	15,28	32,00	28,28
3 a)	45,88	19,70	85,88	18,39	51,20	30,59	62,40	31,79
3 b)	43,53	19,02	75,29	18,07	49,60	28,35	54,40	23,47
3 c)	31,76	10,15	58,82	17,99	28,80	20,07	34,40	17,81
4 a)	29,41	46,97	54,12	47,31	24,80	41,75	27,20	42,38
4 c)	21,18	40,29	54,12	47,31	19,20	33,41	27,20	41,18
4 e)	21,18	31,99	76,47	43,72	8,80	20,07	15,20	30,16

TABELA 38 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO, POR QUESTÃO DO GRUPO A, NAS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DA ESCOLA V, NO ESTUDO INICIAL

O ganho das aprendizagens, apresentado na Tabela 39, mostra que a questão 3 a) que diz respeito à propagação a uma dimensão, e que está diretamente relacionada com a atividade *Palmas e Mangueira* do Bloco dois, apresenta um ganho superior a 0,7. De acordo com Hake (1998) este valor diz respeito a uma aprendizagem elevada. A turma controlo, para a mesma questão, apresenta um ganho inferior a 0,3 o que, de acordo com mesmo autor, revela uma aprendizagem reduzida. A questão 3 c), que envolve os mesmos conceitos da alínea anterior tem um ganho inferior, em ambas as turmas, contudo a turma experimental tem um ganho de 0,40 enquanto que a turma controlo só tem um ganho de 0,08. Nesta questão os alunos que conseguem responder focam-se apenas na diferença de velocidade de propagação do som entre o meio gasoso e o meio sólido, ignorando que no caso dos carris a propagação passa a ser apenas a uma dimensão e por isso a diminuição da amplitude sonora é menor do que quando a propagação é a três dimensões. Em todas as

questões a turma experimental tem um ganho significativamente superior ao da turma controlo, o que parece apontar para uma evolução positiva na construção dos modelos mentais por parte dos alunos que seguiram a metodologia.

Questão	Turma G <sub>1</sub> - experimental		Turma G <sub>2</sub> - controlo	
	G	<g>	G	<g>
1	28,24	0,49	15,20	0,22
2 a)	34,12	0,59	20,80	0,31
2 b)	36,47	0,47	8,00	0,11
3 a)	40,00	0,74	11,20	0,23
3 b)	31,76	0,56	4,80	0,10
3 c)	27,06	0,40	5,60	0,08
4 a)	24,71	0,35	2,40	0,03
4 c)	32,94	0,42	8,00	0,10
4 e)	55,29	0,70	6,40	0,07

TABELA 39 - GANHO, POR QUESTÃO DO GRUPO A, NAS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DA ESCOLA V, NO ESTUDO INTERMÉDIO

Na escola VI, a segunda do estudo intermédio, participaram duas turmas e as médias, com os respetivos desvios, estão disponíveis na Tabela 40. Mais uma vez verifica-se que os alunos possuem, à data do início das atividades letivas sobre o Som, vários conceitos cientificamente corretos. A turma experimental parece ter resultados mais positivos no pré teste o que pode indicar uma turma de melhor rendimento, qualquer que seja a metodologia. A questão 4 é aquela que apresenta maiores desvios, e que apresenta problemas de estrutura que serão corrigidos na fase seguinte desta investigação, e por esse motivo mantém-se à margem de maiores conclusões.

Questão	Turma H <sub>1</sub> - experimental				Turma H <sub>2</sub> - controlo			
	Pré Teste (%)		Pós Teste (%)		Pré Teste (%)		Pós Teste (%)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1	40,71	13,86	75,00	22,19	31,67	15,51	50,83	33,87
2 a)	44,29	14,76	74,29	13,59	30,00	21,26	43,33	16,30
2 b)	26,67	13,59	57,14	27,06	22,61	16,30	40,00	27,66
3 a)	39,29	20,71	75,00	22,19	35,83	22,83	52,50	27,54
3 b)	33,57	18,10	71,11	21,72	37,50	20,69	49,17	25,01
3 c)	32,86	15,60	63,57	25,56	29,17	19,54	33,33	17,36
4 a)	15,00	33,83	32,14	45,33	15,00	35,02	20,83	38,44
4 c)	21,43	37,29	35,71	45,98	20,83	36,11	30,83	45,29
4 e)	8,57	23,99	48,57	50,02	12,50	27,54	19,17	38,89

TABELA 40 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO, POR QUESTÃO DO GRUPO A, NAS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DA ESCOLA VI, NO ESTUDO INICIAL

O ganho calculado para cada questão, apresentado na Tabela 41, indica que a aprendizagem alcançada pela turma experimental é, em todas as questões, superior à da turma controlo. As diferenças mais significativas estão na 2 a), e 3 b), o que era expetável na medida em que são aquelas que se relacionam diretamente com as atividades desenvolvidas. Em todas as alíneas que se consideram com significado estatístico, ou seja excluindo os valores da questão 4 pelos motivos já explanados, a turma experimental tem ganhos entre 0,42 e 0,59, enquanto que os ganhos da turma controlo se situam entre 0,06 e 0,28.

Questão	Turma H <sub>1</sub> - experimental		Turma H <sub>2</sub> - controlo	
	G	<g>	G	<g>
1	34,29	0,58	19,17	0,28
2 a)	30,00	0,54	13,33	0,19
2 b)	30,48	0,42	17,39	0,22
3 a)	35,71	0,59	16,67	0,26
3 b)	37,54	0,57	11,67	0,19
3 c)	30,71	0,46	4,17	0,06
4 a)	17,14	0,20	5,83	0,07
4 c)	14,29	0,18	10,00	0,13
4 e)	40,00	0,44	6,67	0,08

TABELA 41 - GANHO, POR QUESTÃO DO GRUPO A, NAS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DA ESCOLA VI, NO ESTUDO INTERMÉDIO

#### 4.4 *Análise qualitativa*

Com o objetivo de identificar a presença de algumas préconcepções resistentes à mudança concetual analisou-se o conteúdo às respostas dos alunos e selecionaram-se aquelas que ainda não tinham sido identificadas nas fases anteriores a esta.



*“o som, dentro da mangueira, tem o ar que o leva da Maria até ao Miguel”*

*“o som vai mais rápido fora da água porque a frequência é maior”*

*“o som não sai de dentro da piscina porque se espalha por toda a água”*

*“a água interrompe/camufla o som”*

No Grupo C, as conclusões são relativas a hábitos, e preferências, dos alunos no que à ciência diz respeito e estão apresentadas na Tabela 42. Verifica-se que não existem diferenças substanciais entre as respostas do estudo inicial e do estudo intermédio.

Os alunos das quatro turmas preferem ver programas de televisão sobre a ciência do que ler artigos, o que era expetável tendo em conta o nível etário dos alunos. O gosto pelas aulas de ciências, incluindo a realização de experiências, aparece bastante vincado uma vez que nenhum aluno, de qualquer turma, escolheu a opção um (discordo totalmente) ou a opção dois (discordo um pouco). Assim como no estudo inicial, os alunos parecem estar recetivos a metodologias que envolvam a realização de experiências. Na questão F, especificamente sobre a disciplina de Física e as experiências sobre o som, as respostas estão sobretudo na opção quatro (concordo um pouco) e cinco (concordo totalmente): 100% e 89,29% nas duas turmas experimentais, e 80% e 79,17% nas duas turmas controlo. Mais uma vez as respostas dos alunos, das turmas controlo, a esta questão causam dúvidas uma vez que os professores destas turmas revelaram, de modo não formal, não ter realizado quaisquer experiências.

Questão A. Gosto de ver programas de TV sobre a ciência

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	G <sub>1</sub> - experimental	0,0	5,9	23,5	41,2	29,4
	G <sub>2</sub> - controlo	4,0	16,0	28,0	40,0	12,0
	H <sub>1</sub> - experimental	3,6	14,3	35,7	32,1	14,3
	H <sub>2</sub> - controlo	4,2	25,0	29,2	33,3	8,3

Questão B. Gosto de ler artigos sobre a ciência em jornais e revistas

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	G <sub>1</sub> - experimental	23,5	23,5	47,1	0,0	5,9
	G <sub>2</sub> - controlo	16,0	24,0	32,0	24,0	4,0
	H <sub>1</sub> - experimental	21,4	17,9	32,1	28,6	0,0
	H <sub>2</sub> - controlo	25,0	20,8	29,2	25,0	0,0

Questão C. Gosto das aulas de ciência e das experiências de ciência na escola

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	G <sub>1</sub> - experimental	0,0	0,0	5,9	52,9	41,2
	G <sub>2</sub> - controlo	0,0	0,0	24,0	44,0	32,0
	H <sub>1</sub> - experimental	0,0	0,0	10,7	46,4	42,9
	H <sub>2</sub> - controlo	0,0	0,0	12,5	45,8	41,7

Questão D. Agrada-me o conhecimento científico

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	G <sub>1</sub> - experimental	0,0	5,9	47,1	29,4	17,6
	G <sub>2</sub> - controlo	4,0	4,0	32,0	40,0	20,0
	H <sub>1</sub> - experimental	3,6	0,0	32,1	42,9	21,4
	H <sub>2</sub> - controlo	4,2	12,5	29,2	41,7	12,5

Questão E. De todas as disciplinas de ciências, a Física é a que mais gosto

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	G <sub>1</sub> - experimental	5,9	5,9	35,3	41,2	11,8
	G <sub>2</sub> - controlo	16,0	16,0	28,0	16,0	24,0
	H <sub>1</sub> - experimental	7,1	10,7	39,3	21,4	21,4
	H <sub>2</sub> - controlo	8,3	25,0	29,2	12,5	25,0

Questão F. Gostei das experiências que fiz nas aulas de Física sobre o som

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	G <sub>1</sub> - experimental	0,0	0,0	0,0	41,2	58,8
	G <sub>2</sub> - controlo	0,0	0,0	20,0	40,0	40,0
	H <sub>1</sub> - experimental	0,0	0,0	10,7	39,3	50,0
	H <sub>2</sub> - controlo	0,0	0,0	20,8	41,7	37,5

TABELA 42 - RESPOSTAS, EM PORCENTAGEM, ÀS QUESTÕES DO GRUPO C, DO PÓS TESTE, PARA TODAS AS TURMAS DO ESTUDO INTERMÉDIO

As questões que têm um padrão de distribuição fortemente dirigido para as primeiras opções (discordo totalmente, discordo um pouco e não concordo nem discordo) são:

- Questão D, sobre o gosto pelo conhecimento científico, com 52,9% na turma G<sub>1</sub> - experimental, 40% na turma G<sub>2</sub> - controlo, 35,7% na turma H<sub>1</sub> - experimental, e 45,8% na turma H<sub>2</sub>;
- Questão E, sobre a eventualidade da disciplina de Física ser a preferida dos alunos, com 47,1% na turma G<sub>1</sub> - experimental, 60% na turma G<sub>2</sub> - controlo, 57,1% na turma H<sub>1</sub> - experimental, e 62,6% na turma H<sub>2</sub> - controlo.

Não existindo uma elevada percentagem de alunos, nesta amostra, que pretendam seguir os estudos na área das ciências, era expetável que a disciplina de Física não vigorasse como a preferida de um grande número de alunos.

#### *4.5 Entrevistas e Questionários aos professores*

Nesta fase da investigação foi entregue um questionário sobre as práticas pedagógicas (Anexo K) a todos aos professores que participaram no estudo inicial e no estudo intermédio. Aos professores das turmas experimentais, foi também realizada uma entrevista e entregue outro questionário, sobre a metodologia. (Anexo I e H, respetivamente).

O questionário sobre a metodologia (Anexo H) apresentava duas questões de resposta curta, em escala de Lickert com os valores um e cinco para expressar o grau de concordância com as afirmações. A primeira questão abordava o resultado da participação neste projeto, em termos de crescimento profissional. E a segunda focava as eventuais mudanças que possam ter acontecido em termos de atitudes, após a realização da metodologia proposta. As respostas, que constam no Gráfico 7 permitem concluir que nenhum dos professores decidiu voltar às Instituições do Ensino Superior para aumentar os seus conhecimentos científicos, mas todos afirmaram que se sentiram mais motivados e que procuraram saber mais sobre o modo *inquiry* de ensinar. O Gráfico 8 permite inferir que a maior mudança se prende com a reflexão que os professores fizeram sobre a aprendizagem dos alunos e o modo como esta participação os influenciou na preparação das suas aulas. Poucos sentiram que deveria haver alterações ao nível da preparação dos instrumentos de avaliação.

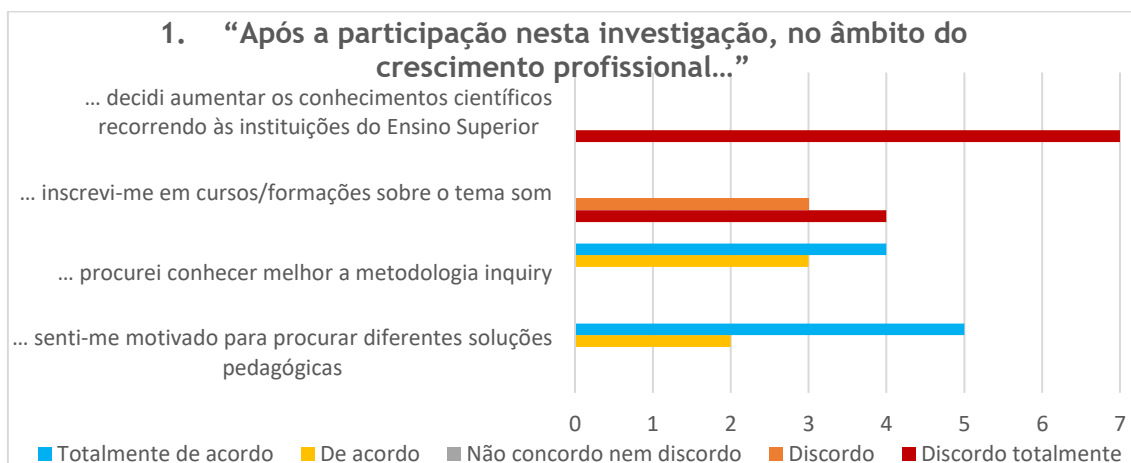


GRÁFICO 7 - RESPOSTA DOS PROFESSORES À PRIMEIRA QUESTÃO DO QUESTIONÁRIO SOBRE OS EFEITOS DA METODOLOGIA NA SUA PRÁTICA PEDAGÓGICA

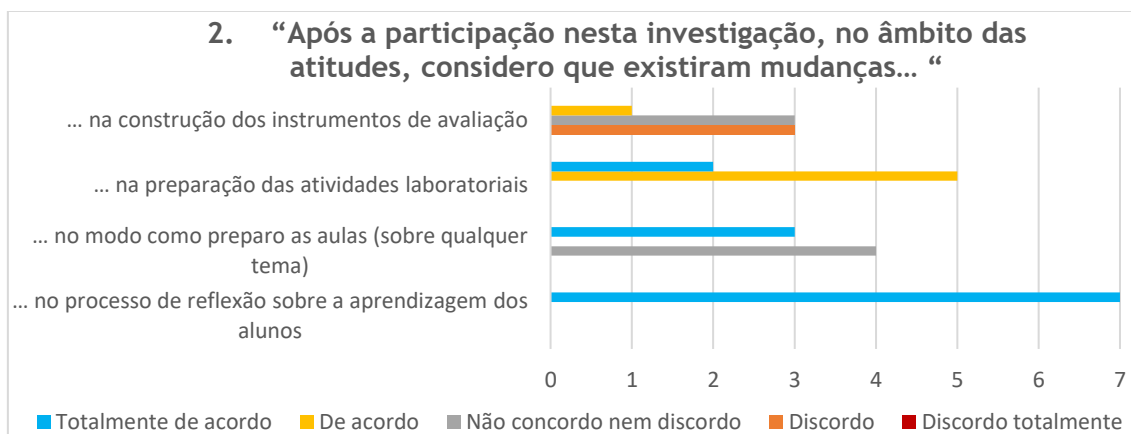


GRÁFICO 8 - RESPOSTA DOS PROFESSORES À SEGUNDA QUESTÃO DO QUESTIONÁRIO SOBRE OS EFEITOS DA METODOLOGIA NA SUA PRÁTICA PEDAGÓGICA

A entrevista (Anexo I) estava dividida em oito questões das quais se apresenta um resumo, focando as respostas mais relevantes.

- Questão um - estrutura e recursos

**Professora C:** “As atividades foram bastante ambiciosas ao nível da gestão do tempo. Quanto aos recursos utilizados, estes foram, globalmente, fáceis de adquirir e utilizar pelos alunos de forma autónoma (...) Muito eficaz, porque deste modo não são precisos materiais repetidos para 4 grupos e os alunos empenham-se mais na gestão do tempo de forma a não prejudicarem os colegas dos outros grupos.”

**Professora D:** “No geral as atividades estavam bem conseguidas, com materiais acessíveis, e procedimentos explícitos, mas a gestão do tempo não se revelou a mais adequada, pois os alunos precisavam sempre de mais tempo para a realização das atividades. (..) O Método das mesas rotativas facilita pelo facto de não ser necessário tanto material e também porque os alunos não têm tanta tendência a “copiar” logo o que os colegas estão a fazer. “

**Professora F:** *“As atividades foram interessantes e motivadoras, os recursos foram adequados, mas a gestão do tempo foi um pouco difícil, principalmente no primeiro bloco, pois exigia um grau de interpretação e abstração que para muitos alunos foi difícil (nomeadamente a representação espacial, x e y). As atividades do bloco 2, tiveram apenas como inconveniente a necessidade de os alunos estarem absolutamente em silêncio (o que é uma missão quase impossível!). (..). As mesas rotativas são uma boa ideia para reduzir o número de peças de cada material a utilizar, no entanto torna-se por vezes mais confuso controlar o grupo turma em atividades diferentes.”*

**Professor G:** *“Quanto à gestão de recursos a mesma foi fácil, porque tudo o que não veio da Universidade foi muito fácil de arranjar ou construir. No que diz respeito à gestão do tempo, houve algumas dificuldades. Nunca se conseguiram realizar as atividades no tempo previsto, penso que o mesmo se deve à pouca autonomia dos alunos, neste tipo de aulas”*

**Professora H:** *“As vantagens são a exploração das experiências por todos os alunos. As desvantagens são os grupos de alunos mais fracos pois tiveram muita dificuldade na interpretação das observações e muitas vezes desistiam de responder, desmotivados pela frustração. Uma vez que o conceito de onda e a sua representação é muito difícil no 8º ano, e que a maioria dos alunos médios/fracos teve muita dificuldade em responder algumas questões das fichas, apesar da pertinência das atividades práticas, penso ser importante, na formação dos grupos, colocar pelo menos um bom aluno em cada grupo para liderar a discussão.”*

- Questão dois - conceitos abordados

**Professora C:** *“Sim e talvez até algumas sejam muito elaboradas para o 8º ano, em especial a final Desafios pois aborda conceitos que por vezes não se chegam a falar no 8ºano (análises de diagramas em osciloscópios, cálculos de velocidade do som).”*

**Professora D:** *“Desse ponto de vista são completas. No entanto, penso que esta abordagem, apesar de ser importante para o 11º ano, foi tratada muita exaustivamente, o que limitou o tempo para abordar assuntos mais do dia-a-dia, como a audição, o nível sonoro e os fenómenos sonoros”*

**Professora F:** *“Deviam abordar também o timbre e os fenómenos sonoros (reflexão, refração, reverberação e ressonância”*

- Questão três - atividade destacada pela positiva

**Professora C:** *“A Slinky (Bloco 1 - A) e a “Cachimbo Sonoro” (Bloco 2 - B) acho que foram as atividades, deste conjunto, mais bem conseguidas e mais facilmente compreendidas pelos alunos.”*

Os restantes professores indicaram as atividades do Bloco dois. Identificaram vantagens ao nível da *“Combinação de atividades experimentais seguida da análise e comparação dos resultados experimentais”*; *“A visualização das ondas e das vibrações das partículas ajuda muito os alunos na compreensão destes conceitos tão abstratos”*; *“uma interpretação mais simples, com menor abstração na análise dos fenómenos observados, e por isso mais adequadas às capacidades médias dos alunos.”*



- Questão quatro - atividade destacada pela negativa

Nesta questão surgem duas atividades que se destacam:

- Ondas mecânica no pc: *“os computadores usados (computadores portáteis da escola) não foram muito eficazes porque os alunos os consideraram “lentos” e os alunos também tiveram alguma dificuldade em seguir as instruções no manuseamento do software, pelo que a maioria não conseguiu acabar a atividade em 30 minutos.”*

- Tina de água: *“dificuldade de interpretação”; “(..) facto da superfície da tina ser de reduzidas dimensões. A comparação entre o palito e a quantidade de água é pequena para que se possa observar o que se pretende.(..) Podia melhorar a atividade se fosse desenvolvida numa piscina com uma rolha de cortiça”*

- Questão cinco - atividade com computador

Os professores referem que os computadores das escolas são lentos e com dificuldade nas ligações à Internet o que se provoca momentos de impaciência nos alunos. Dois professores referiram que existiu também dificuldade ao nível da manipulação do software. Contudo os professores defendem a continuação da utilização deste recurso, mas reclamam o direito a melhores condições, nomeadamente a substituição dos computadores por outros mais atuais.

- Questão seis - desenvolvimento de competências

As respostas são todas afirmativas quando questionados sobre a aprendizagem ter sido potenciada pela aplicação da metodologia, contudo em relação à motivação as opiniões divergem.

**Professora C:** *“Acho que não consigo fazer este tipo de análise só com as observações de sala de aula. As questões que se prendem com a motivação são demasiado complexas para se conseguirem analisar num percurso pequeno. Posso dizer que alguns alunos pareceram mais motivados e outros menos, mas será difícil atribuir de fonte segura razões para essas mudanças de motivação, há muitos fatores em jogo.”*

**Professora D:** *“Não verifiquei mudanças na motivação porque as atividades apresentavam um grau de exigência elevado para os alunos no que respeita à interpretação das fichas de apoio, análise e interpretação dos fenómenos e na coordenação do trabalho de equipa. No entanto este grau de exigência melhorou bastante estas competências. (...) Penso que as diferenças não serão detetáveis com os pré-teste e pós-testes aplicados uma vez que estes atuavam apenas sobre os conhecimentos. No entanto, nos testes o desempenho da turma experimental foi melhor devido às competências de interpretação e análise de situações que foram mais trabalhadas.”*

**Professora F:** *“Durante o período em que se realizaram as atividades, os alunos estavam mais curiosos, atentos e motivados para a aprendizagem. Após a realização deste estudo, os alunos continuaram motivados na realização de atividades das aulas práticas.”*

- Questão sete - futuro

Todos os professores questionados indicaram que pretendem utilizar esta metodologia da próxima vez que lecionarem o oitavo ano, propondo alterações.

**Professora C:** “(..) diminuir o número de questões dos protocolos experimentais a realizar por aula. Também poderei simplificar a forma como os alunos poderão responder a essas mesmas questões, para que eles não tenham de escrever muito. Verifiquei que os alunos demoravam muito tempo a elaborar as respostas escritas, pois muitos deles têm dificuldades ao nível da expressão escrita e ao dialogarem entre si, para encontrarem uma resposta bem elaborada, ainda torna este processo mais moroso.”

**Professor G:** “É difícil de dizer uma vez que adapto sempre as estratégias às turmas que tiver em frente... Por isso depende muito, dificilmente farei igual, mas com certeza que utilizarei muitas das ideias misturadas com outras que for tendo ou que me forem propondo.”

- Questão oito - avaliação documentos

Todos os professores afirmaram considerar os documentos fornecidos muito úteis, mas fornecem algumas sugestões. A **professora C** afirma que “em algumas experiências a explicação deveria ser mais completa.”, enquanto que o **professor G** “não mudaria nada pois a informação estava bastante clara e organizada”. A **professora H** sugere “Se mudasse alguma coisa seria acrescentar mais fotografias da realização das atividades, nomeadamente do material e de alguns passos importantes.”

#### 4.6 Conclusões

Analisando os resultados obtidos conclui-se que a evolução dos modelos mentais em consequência da prática letiva, para os alunos da turma experimental é, em geral, superior à dos alunos das turmas controle. As questões que se relacionam diretamente com as atividades desenvolvidas têm, como seria de esperar, um ganho maior. Entende-se que este resultado é importante pois se os alunos da turma controle não conseguem alcançar bons resultados nessas questões talvez a utilização desta proposta, como mais um recurso em sala de aula, se justifique. Não se considera uma fragilidade dos resultados a dependência de algumas questões em relação à metodologia proposta pois as restantes questões corroboram a evolução mais favorável nas turmas experimentais, em comparação com as turmas controle.

A turma com melhores resultados durante toda a investigação, até esta fase, é a turma com um menor número de alunos. Verifica-se que existem diferenças que chegam a ser de onze alunos. O excessivo número de alunos pode condicionar a aprendizagem inviabilizando o necessário acompanhamento por parte do professor. De acordo com Varela et al (2018) a escola foi sofrendo alterações e passou a dar:

*“(..) lugar à cópia grosseira de uma empresa fabricante de produtos indiferenciados (...); as turmas engordaram inviabilizando qualquer acompanhamento diferenciado;” (p. 78)*

As respostas sobre as preferências dos alunos parecem indicar que a maioria não considera fundamental o conhecimento científico o que pode ser um problema que afeta a motivação dos alunos. De acordo com Machado e Alves (2014)

*“As crenças de valor são bastante baixas, uma vez que as situações de aprendizagem para estes alunos são desprovidas de utilidade e interesse pessoal. E acreditando que as situações específicas de aprendizagem são irrelevantes, os alunos inevitavelmente diminuem os níveis de motivação, e consequentemente o seu envolvimento nas tarefas.”*  
(p.80)

As grelhas de análise das atividades não possuem, no estudo intermédio, registos consideráveis. Os dois professores consideram globalmente as atividades ajustadas aos objetivos a que se propõem, mas continuam a indicar que a gestão do tempo é ambiciosa.

O estudo intermédio, em relação ao estudo inicial, apresentou a maior mudança na estrutura fornecida aos professores pois incluía detalhes sobre a investigação, com o objetivo de os envolver numa estratégia mais assertiva no desenvolvimento dos trabalhos. O papel do professor é fundamental em todo o processo de aprendizagem e só faz sentido uma investigação em educação que tenha nos professores os seus principais aliados. De acordo com Salvador (2016):

*“ (...) o contributo do professor é fundamental no processo de aprendizagem para promover o desenvolvimento cognitivo dos alunos, introduzindo os conceitos e modelos científicos, desafiando e ajudando os alunos a resolver problemas que surjam na construção e desenvolvimento dos seus próprios modelos mentais (...)”* (p.24)

As entrevistas foram realizadas com o objetivo de formalizar o contacto com os professores e obter deles, os principais executores, a avaliação da proposta e o que sentiram em sala de aula, na relação que estabelecem com os alunos. Verifica-se que a opinião geral sobre a ambição na gestão do tempo está mais enfatizada nos professores que participaram no estudo inicial. Esse erro foi corrigido no estudo intermédio e parece ter sido ultrapassado. No entanto existem sempre múltiplas especificidades numa turma que condicionam o modo como as abordagens podem ser realizadas - número de alunos por turma, comportamento e questões de motivação e predisposição para a disciplina. Invariavelmente o modo como os professores se envolvem e sentem confiança na execução da metodologia reflete-se em sala de aula e na resposta que os alunos poderão conseguir dar.

Parece consensual que os docentes considera a proposta útil, planeiam usá-la, mas têm interpretações diferentes sobre as atividades que consideram mais potenciadoras de aprendizagem. O resultado na motivação dos alunos também não é um aspeto consensual e estará naturalmente dependente do contexto em que cada professor está inserido - uma turma num determinado contexto social e escolar poderá estar mais disponível, e em consequência motivada, para a ciência do que outra.

A análise das respostas dos docentes na entrevista, em paralelo com as respostas dos alunos ao Grupo C, do Pós Teste, mostrou que, para a fundamentação dos resultados, é determinante um conhecimento mais formal das práticas pedagógicas. Esse conhecimento será implementado na fase seguinte, através de um questionário (Anexo K).

## 5 Estudo Final

### 5.1 *Estratégia e instrumentos de avaliação*

O estudo final foi desenvolvido apenas em duas turmas e um professor com o objetivo de aferir pequenos detalhes. Considera-se que, nesta fase da investigação, existem resultados suficientes para responder às hipóteses de investigação e que os documentos produzidos só necessitam de pequenas afinações.

Foi desenvolvido, e entregue à professora I, um documento de apoio à realização dos pré testes (Anexo J). As informações relativas aos momentos e condições em que deveriam ser entregues os instrumentos de avaliação tinham sido, até esta fase, fornecidas de modo informal. Decidiu-se que um documento poderia ajudar a simplificar este processo e garantir que todos os professores têm acesso às principais especificidades da investigação desenvolvida.

Em seguida procedeu-se também à criação de um questionário sobre as práticas pedagógicas dos professores que participaram na investigação para que se pudessem comparar com as respostas dos alunos ao Grupo C, do Pós Teste, nomeadamente na questão sobre a realização de atividades nas aulas de Física (Anexo K).

Relativamente ao documento de apoio à metodologia proposta (Anexo G) considerou-se que a última versão não necessita de mais ajustes e que deve ser analisada pelo professor de modo dinâmico, e como um ponto de partida, devendo este fazer alterações e acertos de acordo com os alunos que tem em sala de aula. Ficou claro com esta investigação que as condições iniciais são muito diferentes - desde o número de alunos por turma, à possibilidade de dividir as turmas por grupos para a realização das atividades.

Os instrumentos de avaliação tinham identificadas fragilidades ao nível da questão 4. Esta questão apresentou em todas as etapas da investigação um valor de desvio padrão muito elevado que não possibilitou a correta avaliação dos resultados. Um dos motivos pendia-se com o enunciado: “*Indica quais as afirmações falsas e corrige-as*”. Esta indicação tornava omissa as respostas em branco dos alunos. Quando os alunos não assinalavam a opção como falsa ficava implícito na correção, e conseqüente cotação, que a consideravam verdadeira, o que não é uma conclusão que se possa retirar. Substituiu-se o enunciado da mesma questão por “*Indica quais as afirmações verdadeiras e falsas. Corrige as falsas*”. (Anexo L)

A questão 1 do Grupo A, sobre o conceito de onda, foi transformada numa questão de resposta múltipla incluindo a opção “não sei responder”. Esta alteração baseou-se na dispersão que se detetou nas fases anteriores e nas respostas que, algumas vezes, fugiam do contexto pretendido e não contribuíam para uma análise dos modelos mentais dos alunos. À questão 2 foi adicionada uma alínea através da qual se pretendeu esclarecer a abordagem realizada na Mesa da Tina de água, pois foi apontada por alguns professores como sendo de entendimento difícil. Introduziram-se outras três questões de resposta curta. À questão 3 foi retirada a última alínea, c), por se basear no mesmo conceito avaliado anteriormente na alínea a) e considerar-se que o seu contributo não é fundamental.

Com a questão cinco pretendeu identificar-se nas respostas dos alunos eventuais confusões entre intensidade e velocidade. A questão 6.1 testa os mesmos conceitos que a questão 3 a). Esta questão está diretamente relacionada com as atividades realizadas e por esse motivo os resultados podem não ser esclarecedores sobre a aprendizagem alcançada, tendo existido necessidade de a testar em outro contexto. Por último a questão 6.2 não tem relação com os conceitos abordados na atividade e pretende ser uma questão geral, que poderá ajudar a verificar se existem grandes discrepâncias ao nível do aproveitamento entre as turmas.



## 5.2 Análise quantitativa

A análise dos resultados confirmou que a turma experimental tem um ganho muito superior ao da turma controlo: 0,69 para 0,39, respetivamente. Porém o ganho da turma controlo é também indicador de uma aprendizagem significativa (superior a 0,30). Ambas as turmas são constituídas por vinte alunos, fator que parece ser relevante para os resultados alcançados. O Gráfico 9 e o Gráfico 10 mostram a evolução dos resultados.

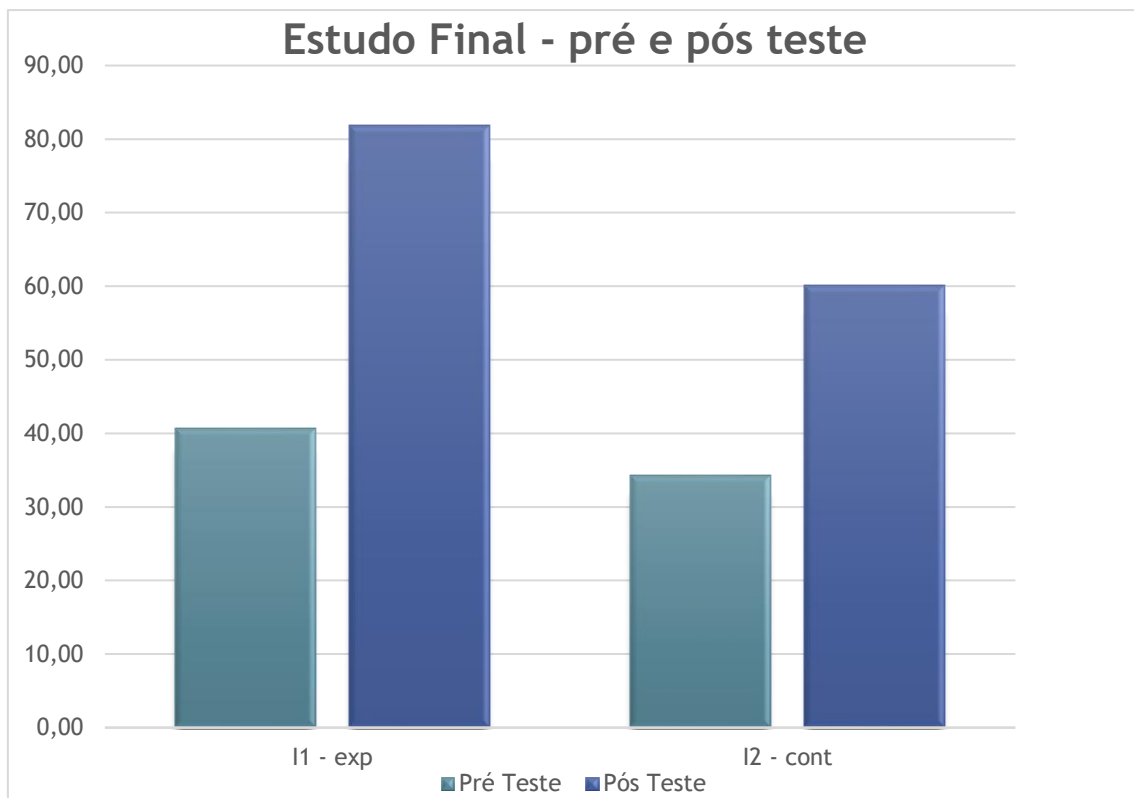


GRÁFICO 9 - MÉDIAS DO PRÉ E DO PÓS TESTE DAS DUAS TURMAS QUE PARTICIPARAM NO ESTUDO FINAL



GRÁFICO 10 - GANHO DAS DUAS TURMAS QUE PARTICIPARAM NO ESTUDO FINAL

Turma	Pré Teste (%)		Pós Teste (%)		G	<g>
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
I <sub>1</sub> - experimental	40,64	7,25	81,83	7,61	41,2	0,69
I <sub>2</sub> - controlo	34,36	5,18	60,16	8,86	25,8	0,39

TABELA 43 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO E GANHO, NAS DUAS TURMAS (CONTROLO E EXPERIMENTAL) DO ESTUDO FINAL

Turma	Grupo A		Grupo B	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
I1 - experimental	76,91	6,18	77,00	12,94
I2 - controlo	51,06	9,41	69,50	14,84

TABELA 44 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO NOS GRUPOS A E B DO PÓS TESTE, NAS DUAS TURMAS DO ESTUDO FINAL

Na Tabela 43 podem verificar-se as médias e os ganhos obtidos pelas duas turmas nos pré e pós testes, enquanto que na Tabela 44 se pode concluir acerca da relação entre as médias do pós teste, divididas pelos dois grupos A e B. Com esta separação pode-se verificar se existem diferenças entre as médias relativas ao grupo que se mantém igual ao pré teste (Grupo A) e ao grupo que é exclusivo do pós teste (Grupo B). Conclui-se que essa diferença é mais acentuada na turma controlo. Esta diferença pode estar relacionada com a percentagem de perguntas que são deixadas em branco no Grupo A: 0% na turma experimental e 13,3% na turma controlo, com maior ênfase nas respostas abertas.

Realizou-se, mais uma vez, uma análise detalhada por questão em cada uma das turmas - os resultados estão na Tabela 45. De um modo geral verifica-se que existem elevados valores de dispersão de resultados, em ambas as turmas, e mais visíveis no pós teste. Este facto pode ser consequência do diferente estado conceptual dos alunos após a leção das aulas - amostra heterogénea.

Duas das questões de resposta curta adicionadas ao Grupo A são aquelas que apresentam maiores ganhos para a turma experimental - 2 c) e 5. São várias as questões com  $g > 0,7$  o que se traduz numa aprendizagem excelente: 2 c), 4 a), 4 c), 4 d) e 5. Em relação à turma controlo os ganhos são baixos em todas as questões ( $0,17 \leq g \leq 0,27$ ) exceto nas questões 4, alíneas b) e d), 5 e 6.1, que são de 0,31; 0,30; 0,55 e 0,33 respetivamente.

Conclui-se ainda que a questão 6, sobre a direção de propagação do som, num concerto, 6.1, e sobre os materiais que não absorvem o som, 6.2, são aquelas que apresentam melhores resultados no pré teste.

A análise das respostas nas quais é necessário que o aluno explique corretamente a hipótese que selecionou ou explique o cenário descrito, característica das aprendizagens significativas, mostra que os resultados são marcadamente melhores para a turma experimental.

CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

Questão	Turma I <sub>1</sub> - experimental					Turma I <sub>2</sub> - controlo				
	Pré Teste (%)		Pós Teste (%)		<g>	Pré Teste (%)		Pós Teste (%)		<g>
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
1	55,00	15,39	85,00	23,51	0,67	60,00	20,52	70,00	37,70	0,25
2 a)	38,0	14,4	71,0	25,53	0,53	37,00	21,79	48,00	30,02	0,17
2 b)	34,00	20,80	70,00	23,84	0,55	25,00	25,53	43,00	27,74	0,24
2 c)	52,50	11,18	90,00	20,52	0,79	52,50	19,70	62,50	31,93	0,21
3 a)	34,00	18,47	75,00	21,40	0,62	25,00	20,39	41,00	30,07	0,21
3 b)	33,00	17,50	63,00	23,64	0,45	27,00	16,25	46,00	28,36	0,26
4 a)	26,00	13,14	84,00	17,89	0,78	21,00	17,74	42,00	29,66	0,27
4 b)	37,00	17,50	72,00	17,65	0,56	17,00	17,50	43,00	28,49	0,31
4 c)	70,00	25,13	95,00	15,39	0,83	62,50	27,51	70,00	34,03	0,20
4 d)	30,0	24,7	82,0	17,04	0,74	29,00	23,82	50,00	27,14	0,30
5	52,5	11,2	90,0	20,52	0,79	50,00	16,22	77,50	34,32	0,55
6.1	60,00	20,52	85,00	23,51	0,63	55,00	27,63	70,00	25,13	0,33
6.2	62,50	22,21	70,00	25,13	0,20	60,00	20,52	67,50	24,47	0,19

TABELA 45 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO E GANHO, POR QUESTÃO DO GRUPO A, NAS TURMAS CONTROLO E EXPERIMENTAL, DA ESCOLA VII, NO ESTUDO FINAL

### 5.3 Análise qualitativa

A análise de conteúdo relativamente às respostas dos alunos não permitiu identificar nenhuma pré conceção ou modelo mental que não tivesse sido já identificado nas fases anteriores desta investigação.

As questões de resposta curta que foram introduzidas revelam aspetos importantes sobre os modelos mentais que não se conseguiram corrigir com as aulas quando se analisam as opções erradas assinaladas pelos alunos.

Na questão 1, sobre o conceito de som, os alunos que no pré teste não acertam na resposta selecionaram, maioritariamente a opção “*o som move-se entre as partículas do meio*”. Este resultado é coerente com a presença da préconceção identificada por Leite (2000) - “O som espalha-se através dos espaços vazios do meio”. Em relação ao pós teste, a turma controlo dividiu-se entre as opções “*o som é um movimento repetido, que transporta energia e matéria*” e “*o som move-se entre as partículas do meio*”. Já a turma experimental passou a selecionar a opção “*o som não é um movimento periódico*”.

A questão 5, apresenta no pré teste a predominância da opção que evidencia a confusão entre intensidade e velocidade, mais especificamente a que reitera que os sons agudos propagam-se a maior velocidade, e da opção que refere que um som agudo é sempre mais intenso do que um som grave. Estes resultados são válidos para ambas as turmas. No pós teste as respostas erradas continuam a distribuir-se pelas mesmas opções, de modo muito semelhante.

Ainda no pós teste, o Grupo C permite inferir sobre algumas questões motivacionais. Os resultados, apresentados na Tabela 46, são muito semelhantes aos das fases anteriores da investigação, não se identificando grandes diferenças entre as turmas. Genericamente os alunos preferem ver programas sobre a ciência do que realizar leituras sobre o mesmo tema. Afirmam gostar das experiências que realizam na escola, mas numa perspetiva que causa alguma estranheza, não se mostram muito interessados em adquirir conhecimento científico (as

opções dividem-se pelas cinco possibilidades havendo uma predominância na opção três e quatro: nem concordo nem discordo e concordo um pouco, respetivamente). Relativamente à disciplina de Física, 55% dos alunos da turma controlo afirmam ser a disciplina preferida, em oposição a turma experimental na qual essa resposta é dada por 40%.

A última questão é aquela que apresenta mais divergência nos resultados pois todos os alunos da turma experimental selecionam a opção quatro ou cinco para manifestarem o agrado pela disciplina (concordo um pouco e concordo totalmente, respetivamente) enquanto que na turma controlo apenas 75% dos alunos selecionam essas mesmas opções.

Questão A. Gosto de ver programas de TV sobre a ciência

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	I <sub>1</sub> - experimental	0,0	10,0	40,0	25,0	25,0
	I <sub>2</sub> - controlo	5,0	5,0	40,0	35,0	15,0

Questão B. Gosto de ler artigos sobre a ciência em jornais e revistas

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	I <sub>1</sub> - experimental	25,0	35,0	20,0	20,0	0,0
	I <sub>2</sub> - controlo	35,0	20,0	35,0	10,0	0,0

Questão C. Gosto das aulas de ciência e das experiências de ciência na escola

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	I <sub>1</sub> - experimental	0,0	0,0	30,0	25,0	45,0
	I <sub>2</sub> - controlo	0,0	0,0	15,0	40,0	45,0

Questão D. Agrada-me o conhecimento científico

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	I <sub>1</sub> - experimental	5,0	15,0	25,0	45,0	10,0
	I <sub>2</sub> - controlo	15,0	0,0	40,0	35,0	10,0

Questão E. De todas as disciplinas de ciências, a Física é a que mais gosto

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	I <sub>1</sub> - experimental	10,0	10,0	40,0	20,0	20,0
	I <sub>2</sub> - controlo	0,0	5,0	40,0	10,0	45,0

Questão F. Gostei das experiências que fiz nas aulas de Física sobre o som

		Escala				
		1	2	3	4	5
Turma	I <sub>1</sub> - experimental	0,0	0,0	0,0	30,0	70,0
	I <sub>2</sub> - controlo	0,0	0,0	25,0	45,0	30,0

TABELA 46 - RESPOSTAS, EM PORCENTAGEM, ÀS QUESTÕES DO GRUPO C, DO PÓS TESTE, PARA TODAS AS DUAS TURMAS DO ESTUDO FINAL

Relativamente às grelhas preenchidas pela professora I, após a aplicação da metodologia são indicadores muito positivos com observações de “excelente, ótimo e muito adequado”. Na entrevista a professora refere que os alunos manifestaram dificuldades ao nível da gestão do tempo, sobretudo no primeiro bloco. E afirma:

*“Considero que as atividades promoveram uma capacidade de reflexão nos alunos, que revelaram muitas dificuldades no primeiro bloco mas ao longo das aulas mostravam-se mais independentes. Achei muito interessante terem de entregar apenas uma resposta pois eram obrigados a chegar a um consenso*

*e a discutirem os resultados. Foi interessante vê-los distribuir as tarefas”. Como principal alteração nos alunos indica “vi a os alunos curiosos com a aula e o que tinham de produzir. A discutirem entre eles a melhor opção para chegarem às respostas das fichas”.*

Relativamente aos benefícios das atividades propostas a professora indica “o cachimbo sonoro foi a atividade que resultou melhor. Só assim muitos alunos perceberam a diferença entre um som agudo e um som grave” e afirma que no futuro pretende usar as atividades mas poderá ter de adequar a proposta à turma que tiver “Se a turma não for dividida em blocos para fazer as atividades considero impossível gerir os grupos porque os alunos têm pouca experiência em trabalhos de grupo e na realização de experiências.”

#### 5.4 Resultados

Cada vez que existe necessidade de colocar por palavras os modelos mentais os alunos revelam dificuldades que se podem comprovar pelos resultados mais fracos nas respostas abertas. Contudo não restam dúvidas que os alunos das turmas experimentais alcançam resultados mais positivos nos instrumentos de avaliação o que reitera a conclusão acerca do alcance de uma aprendizagem mais significativa com a metodologia proposta. As alterações introduzidas nos instrumentos de avaliação desta fase mostram que mesmo modificando o contexto para situações independentes das atividades realizadas, os alunos das turmas experimentais conseguem transpor a aprendizagem e continuam a ter melhor desempenho do que os da turma controlo. Estas conclusões baseiam-se na análise dos ganhos obtidos em cada questão que permitiu verificar que existem temas cuja aprendizagem é profunda, de acordo com Hake (1998) (valores de  $\langle g \rangle$  superiores a 0,7).





## CAPÍTULO V

## CONCLUSÕES

## CAPÍTULO V - CONCLUSÕES

### 1. Considerações

Com o desenvolvimento desta investigação pretendeu-se testar, em sala de aula, e perante a análise crítica de professores, uma estratégia pedagógica que se acreditava ser potenciadora de um melhor desenvolvimento de aprendizagem, de acordo com as hipóteses previamente formuladas.

- I. *Os alunos sujeitos a uma estratégia de aprendizagem investigativa, sobre os conceitos que se relacionam com o Som, têm melhor desempenho nos instrumentos de avaliação do que os alunos das turmas controlo.*

Os indicadores da resposta a esta hipótese são claros e apresentam-se na Tabela 47, na qual se resumem os ganhos obtidos, fazendo uma média de todas as turmas que participaram em cada fase do estudo

	Estudo			
	Piloto	Inicial	Intermédio	Final
<g> médio das Turmas Experimentais	0,26	0,39	0,53	0,69
<g> médio das Turmas controlo	0,03	0,18	0,21	0,39

TABELA 47 - RESULTADOS FINAIS DAS MÉDIAS DOS GANHOS DE TODAS AS FASES DA INVESTIGAÇÃO

A variação do ganho obtido deve ser analisada por escola uma vez que são muitos os fatores que diferem quando se altera o ambiente escolar - normas, componentes sociais e económicas, recursos escolares (condições na sala de aula, materiais disponíveis) e até fatores emocionais. Contudo, mesmo numa análise mais geral, é inequívoco que todas as turmas experimentais alcançaram aprendizagens mais significativas do que as turmas controlo.

É interessante constatar que a evolução vai sendo significativamente maior à medida que a estratégia se ajusta de acordo com as indicações dos professores que a executam e com os resultados que gradualmente se iam analisando.

Sendo esta uma investigação educacional estamos, nesta e em qualquer outra situação, perante amostras cujo controlo efetivo de todas as variáveis é pragmaticamente impossível. Considerando a investigação educacional fundamental na criação de soluções fundamentadas e viáveis para a prática letiva, defende-se que se deve procurar respostas em determinados contextos específicos, numa perspetiva dinâmica e de contínuo aperfeiçoamento, de acordo com o contexto em que serão aplicadas.

- II. *As ideias preconcebidas sobre o Som, se incorretas, poderão ser reajustadas de modo a tornar a aprendizagem mais eficiente.*

Os resultados dos instrumentos de avaliação indicam que os alunos, sujeitos a esta estratégia pedagógica aprenderam de forma mais significativa, o que implica a correção ou substituição dos seus modelos mentais iniciais por modelos mais corretos. A análise, realizada de modo mais quantitativo a partir do estudo inicial, permitiu determinar a média, em percentagem, de respostas corretas. Para além dos indicadores que a evolução da média dos pré e pós testes fornece, a percentagem de alunos com respostas corretas mostra a transformação dos seus modelos mentais.

No estudo inicial as turmas experimentais têm uma média de respostas corretas de 18,46%, enquanto que as turmas controlo têm uma média de 12,93%.

No estudo intermédio, as turmas experimentais têm uma média de 15,95% de respostas corretas e as turmas controlo apenas 6,49%.

Já no estudo final, a turma experimental apresenta 19,28% das suas respostas corretas enquanto que a turma controlo tem 10,08 %.

Estes resultados mostram que os alunos das turmas experimentais ultrapassaram, com maior sucesso, as conceções erradas que tinham sobre o Som, verificando-se uma maior percentagem de respostas que traduzem a presença de modelos mentais corretos.

*III. As atividades experimentais propostas potenciam positivamente a capacidade de combinação entre a realização experimental, o trabalho de grupo e a formulação de respostas.*

A análise qualitativa das respostas dos professores, através dos questionários, mostra que estes consideram que as atividades potenciaram competências de execução experimental e trabalho de grupo, e que os alunos se foram mostrando mais curiosos e dinâmicos.

Outro indicador da capacidade dos alunos em formular respostas pode ser obtido através da análise da percentagem global de respostas em branco. No estudo inicial 30,78% dos alunos das turmas controlo deixavam respostas em branco, enquanto que das turmas experimentais esse valor era de 19,55%. No estudo intermédio, a turma experimental apresentava 20,19% das respostas em branco e a turma controlo 33,32%. No estudo final, a turma experimental contava com 17,98 % de respostas em branco e a turma controlo 32,22%.

Estes resultados mostram que os alunos das turmas experimentais tentam mais frequentemente formular respostas e explicar os seus modelos mentais, evidenciado uma das competências que se pretendia estimular numa perspetiva de realização de atividades com caráter adequadamente investigativo.

- IV. *As atividades experimentais em grupo, com materiais simples e com documentos de apoio são facilmente executadas e orientadas pelos professores.*

A análise das entrevistas mostrou que todos os professores afirmaram querer utilizar os materiais fornecidos nos anos letivos seguintes.

Salienta-se ainda que a equipa de professores que participou nesta investigação foi superior ao número apresentado neste documento, mas nem todos os resultados puderam ser considerados válidos por questões relacionadas com a não entrega de todos os documentos em tempo útil - pré e pós testes, fichas dos trabalhos de grupo, questionários e entrevistas.

Os professores que desenvolveram a metodologia não tinham qualquer relação afetiva com a investigadora tendo decidido participar voluntariamente, sem que para isso tivesse existido alguma componente afetiva ou pessoal na sua decisão. Dos sete professores, cujos resultados são apresentados neste documento, nenhum conhecia a investigadora antes do envolvimento neste projeto. Esta distância pessoal, e afetiva, entre os executores e avaliadores dos documentos produzidos é uma mais valia para a análise pragmática das respostas aos questionários e todas as informações que disponibilizaram ao longo deste percurso.

- V. *Os professores aceitam aplicar novas estratégias pedagógicas, abandonando a sua zona de conforto, desde que se sintam previamente preparados.*

A proposta de ensino desenvolvida ocupava, de acordo com o previsto, pelo menos 50% do total das aulas programadas para o tema Som. Todos os professores aceitaram desenvolvê-la, após cuidadosa explicação sobre o que se pretendia. Demonstraram interesse em melhorar as suas práticas pedagógicas e confiança no trabalho que estava a ser desenvolvido. Nenhum dos professores desistiu de avançar após

conhecimento de todas as especificidades da investigação, nomeadamente as alterações que teria de introduzir no seu modo de ensinar. Este resultado é indicador da disposição dos professores para se envolverem em trabalhos que devidamente fundamentados e acompanhados, contribuam para a melhoria das suas práticas letivas.

Concluindo, a investigação desenvolvida apresentou resultados relevantes para a melhoria do ensino do Som, no Ensino Básico, através de estações experimentais numa dinâmica de aprendizagem investigativa. Considera-se fundamental ensinar os alunos a aprender, para o que é necessário vontade e disponibilidade dos próprios, que têm de construir gradualmente estruturas cognitivas sobre os alicerces que são as aprendizagens anteriores.

O modo dinâmico como foi desenvolvida a investigação permitiu um ajuste contínuo e potenciador de melhores resultados. A proposta inicial mostrou-se demasiado ambiciosa ao nível do tempo proposto e considerou-se que os alunos precisavam de mais tempo sobretudo para refletirem sobre os seus modelos mentais. Gunstone (1991) afirmava que:

*“(...) para que o trabalho prático tenha algum efeito sério na reconstrução das ideias dos alunos e no relacionamento de conceitos, os alunos precisam de passar mais tempo a interagir com ideias e menos tempo a interagir com apparatus” (p.74)*

Esta alteração conduziu a resultados mais positivos e demonstrou que os alunos precisam de tempo para explorar as novas situações, observar e experimentar opções (e se estas estiverem erradas, para as corrigir), e confrontar as suas ideias com as que lhes estão a ser apresentadas no decurso das atividades. A construção de modelos mentais, testados através das atividades, num processo que inclui leitura e argumentação é ambiciosa e deve ser gerida com cautela para que não se transforme num fator desmotivador.

Considera-se ainda um bom indicador que os alunos sujeitos a esta metodologia tenham apresentado uma menor quantidade de respostas em branco do que as turmas controlo. Um professor precisa de conhecer os modelos mentais que os alunos possuem sobre determinado assunto para que os possa ajudar a ultrapassá-lo, quando necessário. A aprendizagem só é efetiva quando os alunos constroem gradualmente estruturas cognitivas sobre os alicerces que são as aprendizagens anteriores. O desenvolvimento de competências, nomeadamente as que se relacionam com a capacidade de formular respostas, no ensino básico, é um indicador muito positivo para se alcançar melhores resultados. O aluno tem o papel principal na construção da sua aprendizagem e está sujeito a variadas influências, como refere Machado e Alves (2014):

*“Parece claro que a aprendizagem é uma atividade multidimensional que não deixa de lado nada que diga respeito à pessoa de cada aluno (...)” (p.45)*

As conclusões apresentadas não podem ser analisadas numa perspetiva de generalização pois as multiplicidades de variáveis associadas ao contexto escolar impedem que essa transposição seja realizada. É antes uma possibilidade estruturada e fundamentada para que se criem condições para uma aprendizagem significativa, capaz de desconstruir um maior número de préconceções erradas do que as estratégias normalmente utilizadas.

Outro resultado muito relevante da investigação desenvolvida é o conjunto de materiais que daqui resultou, documentos e recursos, e que estarão à disposição dos professores para os utilizarem e adaptarem de acordo com o seu contexto escolar, numa estratégia permanentemente colaborativa e dinâmica.

*“De facto, o trabalho colaborativo entre e com os professores, tendo como ponto de partida as suas práticas*



*didático-pedagógicas, tem-se afirmado como um contexto propício para a construção conjunta de materiais educativos, os quais podem criar condições para introduzir as inovações exigidas curricularmente.”*  
(Vieira e Martins, 2018, p.218)

## 2. Limitações e Perspetiva de continuidade

Em relação à investigação apresentada ficaram por analisar os resultados presentes nas fichas de trabalho entregues pelos alunos após a realização de cada uma das atividades. Durante a investigação não se considerou essa possibilidade na perspetiva em que se procurava comparar as turmas experimentais com as turmas controlo para aferir a aplicabilidade da proposta, e melhoria significativa da aprendizagem. Tendo essas hipóteses sido resolvidas propõe-se o cruzamento entre as fichas e os pós testes para tentar responder às questões:

I “As préconcepções confrontadas durante a realização das atividades são ultrapassadas nas fichas de apoio e nos pós testes?”

II “As respostas fornecidas em grupo são suficientemente negociadas pelos alunos e traduzem o reflexo dos seus modelos mentais?”

III “Há relação entre a metodologia desenvolvida e a motivação dos alunos?”

As limitações inerentes ao trabalho de investigação desenvolvido prendem-se com o facto de, durante todo o período, a investigação ter sido realizada a meio tempo uma vez que não foi possível uma dedicação exclusiva a este projeto. Durante o período de vigência do mesmo a doutoranda exerceu a sua atividade profissional (docente de Física e de Química) em seis locais diferentes, com toda a logística complexa que esta situação envolve. Uma das consequências desta limitação é não ter

existido possibilidade de analisar todos os documentos de modo a extrair o máximo de informação possível - nomeadamente os que serviram de apoio aos alunos na realização das atividades. Outra limitação foi a impossibilidade de deslocação às escolas para assistir a um número considerável de aulas, durante a execução da proposta. Esta ação, que chegou a ser projetada, não reuniu condições de execução pelos constrangimentos já referidos, e poderia ter produzido mais resultados ao nível da motivação dos alunos e envolvimento dos professores no projeto.

Numa perspetiva de solidificar os efeitos da estratégia proposta, a médio prazo, defende-se que deveria ser implementada a outros níveis de ensino, nomeadamente desde o sétimo ano. Sendo o ensino básico o início do contacto dos alunos com a Física entende-se que o trabalho de grupo e as atividades experimentais deveriam fazer parte da estratégia pedagógica implementada. Essa estratégia deve passar por potenciar nos alunos o espírito criativo, a vontade de aprender e algum grau de independência - de acordo com as suas capacidades cognitivas. O modo de avaliar o efeito deste tipo de estratégia de ensino seria aplicá-la nos três níveis letivos seguidos (sétimo, oitavo e nono anos), nas mesmas turmas, e comparar a evolução das competências desenvolvidas ao longo desse período. Deste modo poderia confirmar-se se existe um resultado cumulativo deste tipo de prática letiva, que conduza a um aumento de eficácia na aprendizagem dos temas que são lecionados mais tarde.



## BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

Afonso, A. S., Leite, L. (1999). O som e a audição uma área que faz vibrar os professores. *Gazeta de Física* 22(4), 10-16.

Alarcão. I. (2001). Professor-investigador: que sentido? Que formação?. *Cadernos de Formação de Professores*. Universidade de Aveiro 1, 21-30.

Allende J. W. (2009) *Teacher professional development in pre-secondary school inquiry-based science education (IBSE)*, InterAcademyPanel Report.

Alloway, T. (2009). Working memory, but not IQ, predicts subsequent learning in children with learning difficulties. *European Journal of Psychological Assessment*, 25, 92-98.

Almeida, A. (2000). Papel do trabalho experimental vs As perspetivas epistemológicas em Física. In Sequeira, M. et al. (Org.). *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*. Braga: Universidade do Minho, 257-272.

Arends, R. (1995). *Aprender a ensinar*. Lisboa: Mac Graw-Hill.

Alves, M. (2004). *Currículo e avaliação: uma perspetiva integrada*. Porto: Porto Editora.

Bidarra, M. G., Festas, M. I. (2005). Construtivismo(s): Implicações e interpretações educativas. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, 39(2), 175-195.

Bisesi, E. E., Michelini, M. (2008). Planning Curricular Proposals on Sound and Music with Prospective Secondary-School Teachers. in *Physics Curriculum Design, Development and Validation - GIREP 2008 book of selected papers*. URL - <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0808/0808.3695.pdf>

Boterf, G. (2003). *Desenvolvendo as competências profissionais*. Porto Alegre: Artmed Editora.

Bruno, I., Santos, L. (2010). Written comments as a form of feedback. *Studies in Educational Evaluation*, 36,111-120.

Cachapuz, A. F., Praia, J., Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciências e Ensino de Ciências*. Ministério da Educação. Lisboa.

## BIBLIOGRAFIA

Carvalho, P. S., Sousa, A. S., Paiva, J., Ferreira, A. J. (2013). *Ensino Experimental das Ciências. Um guia para professores do Ensino Secundário. Física e Química (2ª Edição)*. Porto: U. Porto Editorial.

César, M. (2003). A escola inclusiva enquanto espaço-tempo de diálogo de todos para todos. In David Rodrigues (org.), *Perspetivas sobre a inclusão. Da educação à sociedade*. Porto: Porto Editora.

Chu, H., Treagust, D. F., Chandrasegaran, A.L. (2009): A stratified study of students' understanding of basic optics concepts in different contexts using two-tier multiple-choice items. *Research in Science & Technological Education*, **27**(3), 253-265.

Correia, A. (2001). *Trabalho Experimental para o 8º ano*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Costa, A. P., Oliveira, L. R. (2015). Investigação qualitativa em educação: o professor investigador. *Revista Portuguesa de Educação*, **28**(2), 183-188.

Costa, J. A. M. (2010). *Educação em Ciências: Novas Orientações*. Associação Millenium - Associação de Instituições de Ensino Superior não Universitário. URL [http://www.ipv.pt/millenium/19\\_spec6.htm](http://www.ipv.pt/millenium/19_spec6.htm)

Costa, F. (2010). Metas de Aprendizagem do Pré-Escolar ao 3º Ciclo. *Magazine de Educação do Espaço Professor*. Porto: Porto Editora, 5ª Edição.

Coutinho, C. P., Sousa, Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., Vieira, S. (2009). Investigação-ação: metodologia preferencial nas práticas educativas. *Psicologia Educação e Cultura*, **13**(2), 455-479.

de Almeida, M. J. (2018). Formação inicial e contínua de professores de física: o conhecimento pedagógico dos conteúdos e os processos de sala de aula. *Revista do Professor de Física*, **2**(3), 109 - 121.

de Almeida, M. J. (2017). As diferentes teorias de aprendizagem e o ensino da física. *Gazeta de Física*. **40**(3/4), 50 - 53.

de Almeida, M. J., Martins, D. R. (2017). O ensino da Física: a formação de professores e as práticas de sala de aula. In *Docência e Pesquisa em Física e Astronomia*, Capítulo 10. e-book Org. A. Shigunov Neto, A. Coelho da Silva e I. Fortunato. São Paulo: Edições Hipótese.

## BIBLIOGRAFIA

de Almeida, M. J. (2013). Otimização do Ensino das Ciências Experimentais. In *Sucesso Escola - da compreensão do fenómeno às estratégias para o alcançar*, Capítulo 9. Organizadores - Luísa Veloso e Pedro Abrantes. Lisboa: Editora Mundos Sociais.

de Almeida, M. J. (2004). *Preparação de Professores de Física. Uma contribuição científico-pedagógica e didática*. Coimbra: Livraria Almedina.

Dewey, J. (1969). *The Child and the Curriculum, and The School and Society*, joint ed. Chicago: University of Chicago Press, Phoenix Books.

Departamento da Educação Básica (2018). Aprendizagens Essenciais. Articulação com o perfil dos alunos. Lisboa: Ministério da Educação. URL: [http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens\\_Essenciais/3\\_ciclo/fisico-quimica\\_3c\\_8a\\_ff.pdf](http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_8a_ff.pdf)

Departamento da Educação Básica. (2001). Currículo Nacional do Ensino Básico - Competências Essenciais. Lisboa: Ministério da Educação. URL [http://www.cfaematosinhos.eu/NPPEB\\_01\\_CN.pdf](http://www.cfaematosinhos.eu/NPPEB_01_CN.pdf)

Direção Geral da Educação (2018). Aprendizagens Essenciais. Ministério da Educação. URL: <http://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais>

Direção Geral da Educação (2018). Aprendizagens Essenciais, Físico-Química, 8º ano. Ministério da Educação. Lisboa: Ministério da Educação. URL: [http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens\\_Essenciais/3\\_ciclo/fisico-quimica\\_3c\\_8a\\_ff.pdf](http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_8a_ff.pdf)

Direção Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (2018). Principais indicadores de resultados escolares por disciplina, 3º Ciclo, 2011/12 - 2015/2016. Lisboa: Ministério da Educação. URL: [http://www.dgeec.mec.pt/np4/413/%7B\\$clientServletPath%7D/?newsId=899&fileName=DGEEC\\_2018\\_ResultadosDisciplinas3\\_CEB\\_S\\_.pdf](http://www.dgeec.mec.pt/np4/413/%7B$clientServletPath%7D/?newsId=899&fileName=DGEEC_2018_ResultadosDisciplinas3_CEB_S_.pdf)

Dourado, L. G. P., Laurinda, L., Morgado, S. (2017). Teaching science in the laboratory: a study on portuguese school science teachers' perspectives. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, Special Issue for INTE 2017 (December), 54-65.

Ebenezer, J., Kaya, O. N., Ebenezer, D. L. (2011). Engaging Students in Environmental Research Projects: Perceptions of Fluency With Innovative Technologies and Levels of Scientific Inquiry Abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, **48**(1), 94-116.

## BIBLIOGRAFIA

Eshach H, Schwartz, J. L. (2006). Sound Stuff? Naive materialism in middle-school students' conceptions of sound. *International Journal of Science Education*, (28)7, 733-764.

Esperança T., Almeida M. J. B. M., Gordo P. M. (2013). Mechanical waves and sound in the 8th grade - Promoting inquiry - ICPE-EPEC 2013: *The International Conference on Physics Education 2013, Active learning in a changing world of new technologies*, Prague, Czech Republic.

Esperança, T. H. (2011). *Aprender física através da procura de razões para justificar comportamentos da natureza*. Projeto de Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.

Fernandes, A. M. (2006) *Projecto SER MAIS: Educação para a Sexualidade Online*. Capítulo: A investigação-acção como metodologia, 69-78. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Festas, I. (1998). Estudo das aprendizagens escolares. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, 32(3), 119-153.

Fiolhais, C., Ferreira, A. J., Constantino B., Portela, C., Braguez, F., Ventura, G., Nogueira, R., Rodrigues, S. (2013). *Metas curriculares do 3.º ciclo do Ensino Básico. Ciências físico-químicas*. URL: [http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb\\_cfq\\_metas\\_curriculares\\_3c\\_0.pdf](http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cfq_metas_curriculares_3c_0.pdf)

Fogleman, J., McNeill, K. L., Krajcik, J. (2011). Examining the effect of teachers' adaptations of a middle school science inquiry-oriented curriculum unit on student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(2), 149-169.

Fortin, M. F., Côté J., Filion F. (2009). *Fundamentos e Etapas do processo de investigação*. Loures: Lusodidacta.

Fosnot, C. (1999). *Construtivismo e Educação - Teoria, Perspectivas e Prática*. Lisboa, Instituto Piaget.

Freire, A. (2004). Mudança de concepções de ensino dos professores num processo de reforma curricular. In: ME-DEB (Ed.). *Flexibilidade curricular, cidadania e comunicação*. Lisboa: Ministério da Educação.



## BIBLIOGRAFIA

Freire, A., Galvão, C., Lopes, A., Neves, A., Oliveira, M., Pereira, M., Santos, M., Vilela, M. (2001). *Ciências Físicas e Naturais Orientações Curriculares 3º Ciclo*. Lisboa: Ministério da Educação.

Galvão, C., Freire, A. (2004). A perspetiva CTS no Currículo das Ciências Físicas e Naturais em Portugal. In I. Martins, F. Paixão e R. Vieira (Eds.). *Perspetivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na inovação da educação em ciência*. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Germann, P. (1989). Directed-inquiry approach to learning science process skills: treatment effects and aptitude-treatment interactions. *Journal of Research in Science Teaching*, **26**(3), 237 - 250

Gilly, M. (2001). As representações sociais no campo da educação. In D. Jodelet (Org.), *As representações sociais* (321-342). Rio de Janeiro: Eduerj.

Gunstone, R. (1991). Reconstructing theory from practical experience. In Woolnough, B. (Ed.). *Practical Science*, 67-77. Milton Keynes: Open University Press.

Hake R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses, **66**(1), 64-74.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratório. *Enseñanza de las Ciências*, **12**(3), 299-313.

Kirschner, P. A., Sweller, J., Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, **41**(2), 75-86.

Kulgemeyer C., Riese, J. (2018). From professional knowledge to professional performance: The impact of CK and PCK on teaching quality in explaining situations. *Journal of Research in Science Teaching*, **55**, 1393-1418.

Leal, S. M., Machado, O., Monteiro, M., Rebelo, F. (2010). *Promover a aprendizagem, transformar o ensino : o contributo do projecto investigação para um currículo relevante*. Escola Superior de Santarém. URL: <http://nonio.eses.pt/interaccoes/>

Lei de Bases do Sistema Educativo - LBSE, Lei n.º 46/86 de 14 de Outubro e Lei n.º 49/2005 de 30 de Agosto. Diário da República. URL: <http://dre.pt/pdf1sdip/2005/08/166A00/51225138.PDF> - consulta a 05 de fevereiro de 2019.

## BIBLIOGRAFIA

Leite, L., Esteves, E. (2004). Actividades laboratoriais e evidências indirectas : um estudo com futuros professores. *Boletín das Ciências*. ISSN 0214-7807

Leite, L. (2001). Contributos para uma Utilização mais Fundamentada do Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências. In Departamento do Ensino Secundário (Ed.), *Cadernos Didáticos de Ciências*, 1, 78-97. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.

Leite, L. (2000). Portuguese school textbooks' illustrations and students' alternative conceptions on sound. *International conference physics teacher education beyond 2000*, Barcelona. URL: <http://hdl.handle.net/1822/10035>

Leite, L. (1999). *O Ensino Laboratorial de "O Som e a Audição" uma análise das propostas apresentadas por manuais escolares do 8º ano de escolaridade*. Centro de Estudos em Educação e Psicologia, Universidade do Minho. URL: <http://hdl.handle.net/1822/509>.

Lima, J., Capitão, Z.(2003). *E-learning e E-conteúdos. Aplicações das teorias tradicionais e modernas de ensino e aprendizagem à organização e estruturação de cursos*. Lisboa: Centro Atlântico.

Machado, J., Alves, J. M. (2014). *Melhorar a escola. Sucesso escolar, disciplina, motivação, direção de escolas e políticas educativas*. Porto: Universidade Católica Editora.

Martins, A., Sampaio, A., Gravito, A. P., Martins, D., Fiúza, E., Malaquias, I., Silva, M. M., Neves, M., Valadares, M., Costa, M. C., Mendes, M., Soares, R. (2005). *Livro Branco da Física e da Química - Opiniões dos alunos 2003*. Camarate: Sociedade Portuguesa de Física e Sociedade Portuguesa de Química.

Martins, A., Malaquias, I., Martins, D. R., Lopes, J. M., Fiúza, E. M. (2002). *Livro Branco da Física e da Química - Diagnóstico 2000 recomendações 2002* (1ª edição, Sociedade Portuguesa da Física, Sociedade Portuguesa da Química). Aveiro: Editorial Minerva.

Martins, E.G.M., (2013) Desvio padrão amostral, *Revista de Ciência Elementar*, 1, 22.

Martins, I. P. e Veiga, M. L. (1999). *Uma análise do currículo da escolaridade básica na perspetiva da educação em ciências*. Lisboa: IIE (Instituto de Investigação Educacional).

## BIBLIOGRAFIA

Matos, M., Morais, A. M. (2004). Trabalho experimental na aula de ciências físico-químicas do 3º ciclo do ensino básico: Teorias e práticas dos professores. *Revista de Educação*, 12(2), 75-93.

Miguéns, M. I. (1999). *O Trabalho Prático e o Ensino das Investigações na Educação Básica. Ensino experimental e construção de saberes*. Lisboa: CNE-ME.

Minner D. D., Levy A. J., Century J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction—What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(3), 276-301.

Moran, J. M. (2000). Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias. *Informática na Educação: Teoria e Prática*, 3(1), p. 137-144.

Mota, A. R. L. (2011). *Ensaio prático do movimento core knowledge no ensino da física em Portugal*. Tese de doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Neves, P., Valadares, J. (2004). O contributo dos manuais de física para o enriquecimento conceptual dos alunos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4(2), 5-15

Olenick, R. (2003). *Helping Students Learn Physics Better Preconceptions and Misconceptions A Guide to Enhancing Conceptual Understanding*. Departamento de Educação dos EUA. URL: <http://phys.udallas.edu/C3P/Preconceptions.pdf>

Perrenoud, P. (1999). *Construir as competências desde a escola*. Porto Alegre: Artmed Editora.

Redish, E. F. (1994). Implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*, 62(9), 796-803.

Salvador, A (2016). *O Ensino e a Aprendizagem dos Circuitos Elétricos: utilização de Analogias e da Resolução de Problemas*. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Sanches, I. (2005). Compreender, Agir, Mudar, Incluir. Da investigação-ação à educação inclusiva. *Revista Lusófona de Educação*, 5, 127-142.

Schmidt, H. G., Loyens, S. M. M., Van Gog, T., Paas, F. (2007). Problem-Based Learning Is Compatible with Human Cognitive Architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark. *Educational Psychologist*, 42(2), 91-97.

## BIBLIOGRAFIA

Séré, M.G., Coelho, S. M., Nunes, A. D. (2003). O papel da experimentação no ensino da Física. *Caderno Brasileiro no Ensino de Física*, 20(1), 32-40.

Silva, E.; Araújo, C. (2005). Reflexão em Paulo Freire: uma contribuição para a formação continuada de professores. Comunicação apresentada em *V Colóquio Internacional Paulo Freire*, Recife, 19 a 22 de setembro de 2005.

Skinner, D. (2010). *Effective teaching and learning in Practice*. Bloomsbury Publishing PLC.

Slomski, V. G., Martins, G. de A. (2008). O conceito de professor investigador: Os saberes e competências necessárias à docência reflexiva na área contábil. *Revista Universo Contábil*, 4(4), 6-21.

Tuckman, B. (2000). *Manual da investigação em educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Varela, R. C., Santa, R., Silveira, H., Matos, C. de, Rolo, D., Areosa, J., Leher, R. (2018). *Inquérito Nacional sobre as Condições de Vida e Trabalho na Educação em Portugal*. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas. Universidade Nova de Lisboa.

Vieira, R. M., Martins, I. P. (2018). A formação contínua de professores dos primeiros anos de escolaridade em Portugal: impacto no ensino experimental das ciências. In *Formação Inicial e Continuada de professores de ciências: o que se passa no Brasil, Portugal e Espanha*, 216-234. São Paulo: Edições Hipótese.

Viennot, L. (2010). The many challenges of Inquiry Based Science Education: Toward multiple learning benefits?. *GIREP-ICPE-MPTL Conference*, Reims 2010.

Viennot, L. (2007). Teaching physics: research-based suggestions and teachers' reactions, toward a better interaction? *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(1), 21-28.

Wilson C. D., Taylor J. A., Kowalski S. M., Carlson J. (2010). The Relative Effects and Equity of Inquiry-Based and Commonplace Science Teaching on Students' Knowledge, Reasoning, and Argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(3), 276-301.

Wellington, J. (2000). Re-thinking the Role of Practical Work in Science Education. In M. Sequeira, L. Dourado, M.T. Vilaça, S. Afonso & J. M. Baptista (Orgs.) *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*, 19-28. Braga: Universidade do Minho, Departamento de Metodologias da Educação.

### Lista de manuais analisados:

Cavaleiro M., Beleza M. (2011). *Fq-Manual 8 A*. Lisboa: Editora Asa.

Cavaleiro M., Beleza M. (2011). *Fq-Manual 8 A - Caderno de Atividades*. Lisboa: Editora Asa.

Fiolhais C., Fiolhais M., Gil V., Paiva J., Morais C., Costa S. (2011). *8 CFQ - Ciências Físico Químicas*. Lisboa: Editora Texto.

Rodrigues M., Dias F. (2007). *Física e Química na nossa vida. Sustentabilidade na Terra*. Porto Editora.

Rodrigues M., Dias F. (2007). *Física e Química na nossa vida. Sustentabilidade na Terra. Guia do Professor*. Porto: Porto Editora.

Rodrigues M., Dias F. (2007). *Física e Química na nossa vida. Sustentabilidade na Terra. As nossas atividades*. Porto: Porto Editora.



# ANEXOS

## Anexo A - Pedido de autorização às escolas

---

Telma Henriques Esperança  
Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra  
*Rua Larga*  
3004 516 Coimbra

Exmo. Sr. Diretor xxxxxxxxxxxxxx

Sou professora de Física e Química, Licenciada pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, e estou a frequentar o Doutoramento em Ensino das Ciências - ramo de Física, na mesma instituição, sob a orientação da Professora Doutora Maria José Barata Marques de Almeida.

Neste momento, estou a realizar um trabalho de investigação, no âmbito da Tese de Doutoramento, que tem como objetivo principal melhorar a aprendizagem dos alunos aquando da realização das atividades laboratoriais.

Esta investigação enquadra-se nos conteúdos previstos nos documentos oficiais e está dirigida para alunos do 8º ano sobre o tema “Som”. Pretende-se analisar os resultados na aprendizagem dos alunos perante a aplicação em sala de aula de uma nova metodologia associada à realização das atividades laboratoriais. A investigação passa pela realização de determinadas atividades, para as quais forneço os documentos necessários, e a resposta dos alunos a dois inquéritos (antes e após a realização das atividades). Os resultados obtidos não são objeto de avaliação na disciplina e os dados recolhidos serão apenas divulgados no relatório final do estudo, sendo o anonimato dos seus protagonistas salvaguardado.

Informo que solicitei a colaboração da professora XXXXXXXX , docente desta Instituição, a qual, depois de tomar conhecimento das condições da realização do estudo, aceitou colaborar voluntariamente no mesmo.

Neste sentido, solicito a Vossa Excelência se digne autorizar a realização da referida recolha de informação, a partir desta data e até ao final do ano letivo. Na expectativa de uma resposta favorável, subscrevo-me com os melhores cumprimentos,

A professora,  
Telma Henriques Esperança

Confirmo a veracidade do exposto:

Doutora Maria José Barata Marques de Almeida

(Orientadora da Tese de Doutoramento e Professora Catedrática da FCTUC)

Coimbra, xxxx de xxxxx de xxxx



## Anexo B - Guião das atividades do Estudo Piloto

---

Experiências 8º ano

## Capítulo 1 - Objetivos

### 1 - BLOCO 1: Ondas Mecânicas (60 min)

Neste bloco, com as duas montagens experimentais e o simulador pretende-se que os alunos percebam que:

- as ondas mecânicas têm origem numa perturbação efetuada num meio;
- as perturbações propagam-se através de constituintes dos meios materiais (sólidos, líquidos, gases; não se propagam na ausência de meio material);
- há uma velocidade de propagação das perturbações (velocidade da onda);
- se as perturbações forem repetidas periodicamente e o meio for razoavelmente elástico, elas provocam movimentos ondulatório periódicos;
- as partículas do meio elástico movem-se mas voltam sempre à posição inicial (oscilam em torno de posições de equilíbrio no caso das ondas periódicas);
- as perturbações periódicas dão origem a oscilações com amplitude, frequência, período e comprimento de onda;
- quando se propaga uma onda, não há transporte de matéria através do meio mas apenas de energia;
- as ondas podem sofrer reflexão se encontrarem um meio com propriedades diferentes.

#### Mesa A: Slinky (20 min)

Com esta atividade pretende-se mostrar um exemplo de ondas mecânicas que se propagam apenas segunda uma direção, ilustrando:

- o que são perturbações; como se propagam num meio elástico; o que se pode entender por velocidade de propagação; o que são ondas periódicas; o que se entende por frequência e amplitude de uma onda periódica; que numa propagação num meio elástico apenas numa direção, a amplitude de oscilação de todos os seus constituintes é a mesma; que numa onda mecânica não há propagação de matéria; que numa onda mecânica há propagação de energia; que a energia propagada é tanto maior quanto maior for a amplitude; que a energia é tanto maior quanto maior for a frequência.

### Mesa B: Tina de água (20 min)

Com a tina de água pretende-se dar um exemplo de ondas mecânicas a propagar-se em todas as direções sobre um plano, à superfície da água. Também neste caso:

- as ondas têm origem numa perturbação num meio elástico; provocam alterações da posição de cada ponto do meio, em torno sempre da mesma posição média por isso não existe transporte de matéria (o que é facilitado pela visualização de um objeto que flutua na água); transportam energia; a repetição periódica da perturbação origina ondas periódicas. Ilustra-se também a noção de comprimento de onda. Verifica-se que, sendo a propagação sobre um plano, a amplitude de vibração dos pontos mais afastados da perturbação inicial é menor, o que se explica pela distribuição da energia da perturbação inicial cada vez por mais pontos do meio.

### Mesa C: Simulador de ondas (20 min)

Com os simuladores pretende-se exemplificar uma onda mecânica, distinguir uma onda longitudinal de uma transversal, e explorar os efeitos das alterações induzidas na frequência e amplitude numa onda através de representações gráficas.

## 2 – BLOCO 2: Vibração e Produção do som (60 min)

Com as montagens e experiências deste Bloco pretende-se que os alunos percebam que o som:

- tem origem numa vibração do meio;
- é uma onda mecânica que se propaga em meios materiais;
- pode ser caracterizado por uma frequência, uma intensidade (amplitude) e um timbre;
- propaga-se no ar com velocidade elevada;
- em condições vulgares, propaga-se em todas as direções, mas pode ser “canalizado”, ou seja, pode forçar-se a sua propagação a ser apenas numa direção;
- quando se propaga livremente em todas as direções a sua intensidade diminui;
- quando se propaga apenas numa direção, a sua intensidade mantém-se constante.

### Mesa A: Vibração (30 min)

#### a. Tubo e “palmas” (15 min)

Com a atividade das “palmas” acredita-se que os alunos possam perceber que o som resulta de uma vibração que se propaga em todas as direções (onda tridimensional). Usando os tubos mostra-se que quando o som se propaga apenas numa direção - quer através do ar dentro do tubo oco, quer através do cilindro metálico maciço - a sua intensidade permanece constante. É importante para que os alunos percebam que “ouvir-se melhor” depende da propagação ser a uma dimensão, seja através do ar seja pelo metal (índios a “ouvir o comboio...).

#### b. “Cachimbo sonoro” e “Telefone” (15 min)

O “cachimbo sonoro”, construído com materiais do quotidiano, permitirá os alunos sentirem (ouvir) mais uma vez os efeitos da propagação apenas numa direção. O “telefone” permite estudar a propagação da vibração através de um sólido (fio de pesca).

### Mesa B: Produção do som (30 min)

#### c. Régua e caixa de cordas (15 min)

A régua mostra que a vibração provocada nela passa às moléculas do ar, que começam a vibrar e ouve-se o som. É importante que os alunos concluam que quanto menor for a porção da régua para fora da mesa, maior será a frequência da vibração e mais agudo será o som produzido. Além disso, podem correlacionar a amplitude de vibração da régua com a intensidade sonora produzida. A caixa de cordas possibilitará a analogia com os instrumentos de cordas, nos quais quanto mais curta, mais fina e mais tensa estiver a corda, mais elevada será a sua frequência e, conseqüentemente, mais agudo será o som produzido.

#### d. Xilofone e garrafas de água (15 min)

Ao soprar sobre o gargalo das garrafas de água, com diferentes quantidades de líquido, os alunos geram vibrações que se propagam pelo copo e pelo ar e que são captadas pelo que som que produzem. Os alunos devem concluir que quanto menos água tiver o copo, maior o volume de ar, mais grave será o som produzido. O xilofone é a analogia com o instrumento metálico cuja dimensão da parte que vibra (o tubo metálico) condiciona a frequência da vibração do mesmo modo que a quantidade de água condiciona no caso das garrafas.

### 3 – BLOCO 3: “Observação” do som (60 min)

#### Mesa A: O osciloscópio - velocidade e intensidade (30 min)

A professora deve, recorrendo a uma demonstração com uma fonte sonora, um microfone e um osciloscópio, explicar os princípios básicos do funcionamento do osciloscópio. Em seguida os alunos podem verificar, através do osciloscópio e da análise da representação gráfica da vibração detetada pelo microfone, que à medida que a distância entre a fonte emissora e o recetor aumenta, a amplitude do sinal sonoro detetado diminui rapidamente.

#### Mesa B: “Observar” o som (30 min)

Nesta parte final são lançados alguns desafios aos alunos que resumem alguns dos conceitos abordados durante todas as atividades, especialmente os que se relacionam diretamente com as representações gráficas obtidas com o osciloscópio ou com um programa de computador análogo. Pretende-se verificar a presença ou não de algumas das pré-concepções mais comuns sobre o tema e analisadas no pré-teste:

- Som propaga-se mais rapidamente no ar do que em sólidos (ar é "mais fino" e oferece menos resistência);
- A intensidade e a frequência do som são propriedades idênticas;
- Som de baixa frequência (som grave) move-se com velocidade diferente do som de alta frequência (agudo);

## BLOCO 1

# *Ondas Mecânicas*

## A. Slinky e as ondas mecânicas – Protocolo Experimental

### Material:

1 mola Slinky

1 mesa

1 fita colorida



### Procedimento:

1. Colocar a mola Slinky em cima de uma mesa.
2. Atar a fita colorida a uma das espirais da mola (sensivelmente a meio da Slinky).
3. Um aluno deve deslocar-se para uma ponta da mesa e segurar a Slinky numa extremidade (prendê-la). Durante toda a atividade este aluno deve manter a extremidade da mola fixa - posição A.
4. Outro aluno deve colocar-se na outra ponta da mesa e esticar a Slinky pela extremidade até estar esticada - posição B.

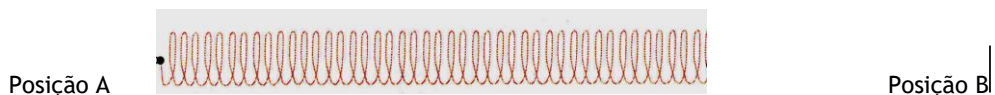


Figura 1

5. O aluno que está na posição B deve produzir um pulso na mola (na extremidade livre), oscilando a mola para a sua direita e voltar- figura 2.
6. Em seguida o mesmo aluno, na posição B, deve apertar um certo número de espiras e largá-las rapidamente- figura 3.



Figura 2 - ondas A.



Figura 3 - ondas B.

## *Slinky e as ondas mecânicas* – Questões

1. Quando a Slinky estava em cima da mesa na posição ilustrada na figura 1, todas as espiras da mola estavam nas mesmas condições. Quando se provoca uma alteração a esse estado inicial, ela propaga-se sucessivamente a todos os constituintes do meio. Analisando essas alterações, complete a tabela:

Procedimento	Direção da Perturbação (movimento de cada espira)	Direção da Propagação
I. - Ondas A		
II. - Ondas B		

2. Se no procedimento 5, em vez de oscilar para a direita, oscilar para a esquerda, o que acontece à direção de perturbação? E à direção da propagação? Experimente para confirmar a sua resposta.

---





---

3. Sabendo que nas ondas longitudinais a perturbação tem a mesma direção da propagação e que nas ondas transversais essa direção é perpendicular, como classifica as ondas criadas em 5 e 6, ondas A e B, respetivamente?

Ondas A: \_\_\_\_\_ Ondas B: \_\_\_\_\_

4. Durante a atividade experimental o que aconteceu à fita colorida? (escolher a opção correta)
- Mudou de espira.
  - Moveu-se sem nunca mudar de espira.
  - A sua posição não sofreu alterações durante a atividade.
5. A onda que foi criada na mola propagou-se porque:
- As espiras iniciais deslocaram-se para o fim da mola.
  - Entre as espiras só existe ar e o ar não é um meio material.
  - A vibração inicial propagou-se sucessivamente a todas as espiras da mola.

6. Na coluna A desenhe, através de setas, as direções de perturbação e propagação das ondas representadas na coluna B. Em seguida, faça a correspondência entre a coluna B e C:

Coluna A - Direção de:			Coluna C
Perturbação: ____    Propagação: ____		.    .	Onda transversal
Perturbação: ____    Propagação: ____		.    .	Onda longitudinal

7. Todas as espiras da mola entram em movimento ao mesmo tempo? Sim ou não? Explique a sua resposta.

---



---



Aluno: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Experiência: \_\_\_\_\_

## *B. Tina de água* – Protocolo Experimental/Questões

**Material:**

1 lápis

1 Tina com uma pequena camada de água no fundo

**Procedimento /Questões:**

1. Encher a tina com uma pequena quantidade de água (cerca de 2cm de profundidade).
2. Colocar a tina em cima de um retroprojektor, com a folha de acetato em baixo.
3. Provoque uma perturbação ao tocar com a ponta do lápis na água, repetindo esse movimento algumas vezes.
4. O que observa?

---

---

---

5. Como varia com a distância a amplitude da onda gerada? Volte a repetir a atividade para responder.

---

---

---

6. Num movimento ondulatório existe sempre uma perturbação que deu origem à onda (um emissor, um meio e um recetor). Identifique estes elementos na atividade.

---

---

---

7. Agora, repita o procedimento realizado em 2, mas, para o mesmo intervalo de tempo, aumente o número de vezes que toca com a ponta do lápis na água. O que verifica?

---

---

---

8. Analise a distância entre duas ondas consecutivas, na situação que reproduziu em 3 e em 7. Essa distância mudou? A que grandeza corresponde essa distância?

---

---

---

9. Coloque pedacinho de palito um pouco afastado da parede da tina e verifique que fica a flutuar. Volte a perturbar o meio, com o lápis. O que aconteceu ao pedaço de palito? Sofreu algum deslocamento lateral?

---

---

---

10. “A amplitude da onda vai diminuindo à medida que esta se afasta do ponto no qual se efetuou a perturbação inicial.” Comente a afirmação, relacionando a amplitude com a energia da onda.

---

---

---

Aluno: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Experiência: \_\_\_\_\_

## C. Ondas mecânicas no pc - Desafios

a. Abra o Link

[http://lh6.ggpht.com/\\_aTH7N3\\_trjA/ScKgYFc\\_aXI/AAAAAAAAAtM/c5vSk73UclA/s1600-h/peoplewave%5B7%5D.gif](http://lh6.ggpht.com/_aTH7N3_trjA/ScKgYFc_aXI/AAAAAAAAAtM/c5vSk73UclA/s1600-h/peoplewave%5B7%5D.gif). O que observa poderá ser uma onda? Explique.

---



---



---

b. As ondas podem ser classificadas em longitudinais ou transversais. Classifique a do exemplo

[http://lh4.ggpht.com/\\_aTH7N3\\_trjA/ScKgeA2dRsl/AAAAAAAAAAtc/YkMIhxN0s6s/s1600-h/wavepulse%5B5%5D.gif](http://lh4.ggpht.com/_aTH7N3_trjA/ScKgeA2dRsl/AAAAAAAAAAtc/YkMIhxN0s6s/s1600-h/wavepulse%5B5%5D.gif). Justifique.

---



---



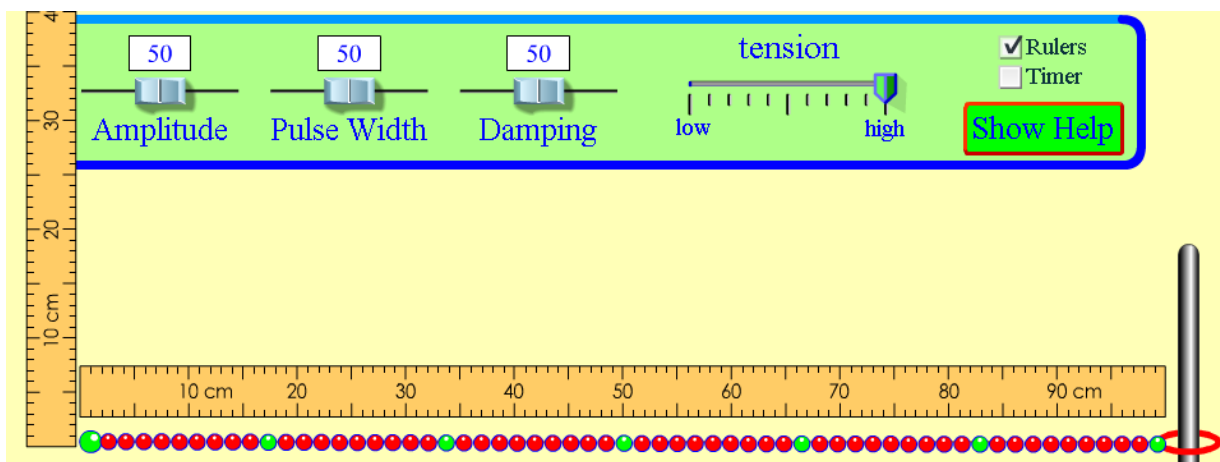
---

c. Use o simulador [https://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string_en.html) para estudar: Amplitude, frequência e comprimento de onda.

1. Amplitude:

a. Selecione  Pulse  Loose End

b. Explore a simulação até obter a seguinte configuração:



c. Explore como obter os dados de modo a completar a tabela:

**Tabela I**

Amplitude	Altura da onda no início (confirme que a régua está corretamente alinhada)	Distância ao suporte (fim)
100		
50		
5		

d. Analisando os dados com que registou a tabela I, discuta o que aconteceu à energia em cada uma das situações em que alterou a amplitude.

---



---



---



---

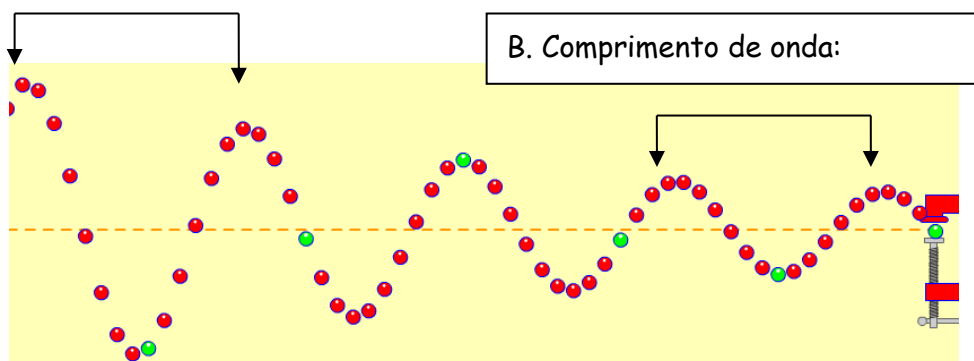


---

2. Comprimento de onda:

- a. Selecione  Oscillate  Fixed End e todas as restantes condições do ponto 1.
- b. Explore a simulação de modo a conseguir obter a seguinte onda e medir a grandeza indicada:

A. Comprimento de onda:



c. O que conclui sobre o comprimento da onda em A e B? Explique.

---



---



---

3. Frequência:

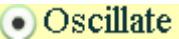
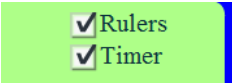
- a. Selecione  ,  e as restantes condições do ponto 1.
- b. Explore o simulador de modo a obter os dados que lhe permitam preencher a tabela II:

Tabela II

Frequência	Tempo (s)	Número de oscilações completas			Nº médio de oscilações completas em 10s	Nº de oscilações completas em 1s
		Trial #1	Trial #2	Trial #3		
50	10					
10	10					
100	10					

- c. A que grandeza corresponde os valores obtidos para a última coluna da Tabela II?

---



---

4. De que modo variar a amplitude e a frequência de uma onda afetam o seu comprimento de onda?

---



---

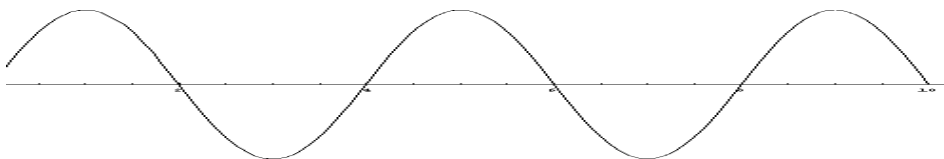


---

5. Desenhe uma nova onda com:

a. maior amplitude;

b. menor frequência



## BLOCO 2

### *Vibração e Produção do som*

Aluno: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Experiência: \_\_\_\_\_

## *a. Palmas e tubos* – Protocolo Experimental/Questões

### **Material:**

1 venda (tira de tecido);

1 tubo de PVC (oco)

1 cilindro de metal (maciço)



### **Procedimento /Questões:**

1. Um aluno coloca a venda nos olhos e os outros colocam-se lado a lado de pé, distanciados de 4 passos entre cada um, em forma de meia-lua. O aluno vendado deve estar de costas para os colegas. Um dos alunos da fila bate palmas. O aluno com os olhos vendados tenta identificar qual dos colegas emitiu o som. Repetir 2/3 vezes, alternando entre o aluno que está vendado e os alunos que estão na fila. É possível identificar a fonte sonora, ou seja, saber qual o aluno que está a bater palmas, estando com os olhos vendados? Tente encontrar uma explicação.

---

---

2. Agora dois alunos saem da fila. Um deve ficar debaixo de uma carteira (agachado) e outro em cima de uma cadeira. O aluno q estava com a venda nos olhos, tira-a, vira-se de frente para os colegas e bate palmas. Os restantes alunos devem levantar o dedo assim que ouvirem o som das palmas. Levantam todos os dedos ao mesmo tempo? Explique a sua resposta.

---

---

3. Utilize os tubos. Dois alunos vão experimentar com o tubo de PVC e outros dois com o cilindro metálico, trocando após a realização. Um aluno deve aproximar uma extremidade do tubo da sua boca e falar baixinho, enquanto outro aluno coloca o ouvido na outra extremidade do tubo. Conseguirá ouvir o que o colega está a dizer? E se tirar o tubo do ouvido, consegue ouvir o que o colega diz? Justifique.

---

---

4. Os resultados obtidos em 6 foram os mesmos para os dois meios de propagação? Justifique.

---

---

5. *“O som é uma onda que se propaga em todas as direções (no ar, em condições gerais, a propagação é tridimensional - x,y e z). Se a propagação acontecer apenas numa direção, a energia sonora permanece a mesma durante essa propagação.”* Comente a afirmação, tendo em conta a atividade que realizou.

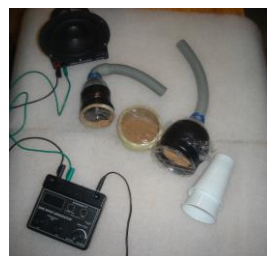
---

---

## b. "Cachimbo sonoro" e "telefone" – Protocolo Experimental/Questões

### Material:

- |              |                                    |
|--------------|------------------------------------|
| 1 "cachimbo" | 2 copos de plástico e fio de pesca |
| 1 membrana   | 1 coluna ligada a uma fonte        |



### Procedimento /Questões:

1. Usando o cachimbo, grite a vogal "I" sobre tubo com uma "voz aguda". O que aconteceu à cortiça que estava em cima da membrana? Agora tente fazer uma "voz grave" e pronuncie a vogal "O". Mudou alguma coisa?

---

---

2. Ligue a fonte sonora e coloque a membrana em cima da coluna. O que verifica? Explique a que se devem as alterações que vê.

---

---

3. "O cachimbo e a membrana permitiram ver o que habitualmente apenas se ouve" - comente a afirmação.

---

---

---

4. Construa o telefone com os copos de plástico e o fio de pesca. Segure um dos copos e, com outro colega a segurar o outro copo, estique o fio do telefone. Um de vós deve falar baixinho, enquanto o outro escuta. Porque é possível ouvir? Como é que o som chega ao seu colega?

---

---

5. Peça agora a um terceiro colega que, chegando-se ao fio, tente ouvir o que está a ser dito ao telefone. O colega que está junto ao fio ouve o mesmo que o colega que está na outra ponta do telefone? Justifique.

---

---



## c. Régua e caixa de cordas – Protocolo Experimental/Questões

**Material:**

1 caixa de cartão; 1 elástico grosso;  
3 elásticos finos; 1 régua



**Procedimento /Questões:**

1. Prenda uma parte da régua na mesa, com uma mão. Com a outra mão bata na parte da régua que ficou fora da mesa. Explique o que acontece.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Vá variando a parte da régua que ficou de fora da mesa e ouvindo a diferença de sons que produz. Existe relação entre o comprimento da régua e a frequência do som produzido? Qual?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Coloque os três elásticos iguais à volta caixa.



Peça a um colega que segure bem a caixa contra a mesa, com uma mão. Dedilhe os elásticos, como se estivesse a tocar um instrumento de cordas. Todos os elásticos dão origem a sons semelhantes?

\_\_\_\_\_

4. Coloque um dedo a meio de um elástico, puxe-o a partir desse sítio para a lateral da caixa e segure-o. Volte a dedilhar. O que mudou? Qual a alteração que provocou?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Agora coloque o outro elástico mais grosso. Volte a dedilhar. O que aconteceu ao som?

\_\_\_\_\_

6. Fazendo uma analogia entre o que observou em 5, indique o que aconteceria sem em vez de um elástico mais grosso que os elásticos iniciais, usasse um elástico mais fino.

\_\_\_\_\_

7. Existe alguma relação entre a atividade com a régua e a da caixa e os elásticos?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

d. *Xilofone e garrafas de água* – Protocolo Experimental/Questões

**Material:**

1 Xilofone	1 garrafa de plástico
8 garrafas de vidro iguais	corante



**Procedimento /Questões:**

1. Despeje água nas garrafas de modo que cada uma contenha diferentes volumes (marque com uma caneta na garrafa). Coloque as garrafas sobre uma mesa ou bancada, alinhando-as em ordem crescente de volume de água. Sobre o gargalo das garrafas, começando pela que tem maior volume de água. O que conclui? Existe alguma relação?

---

---

2. Se colorir a água altera o som produzido? E se substituir a água por um sólido? Teste e explique a que conclusão chegou.

---

---

3. Selecione uma das garrafas de vidro. Coloque o mesmo nível de água na garrafa de plástico e sobre o gargalo de ambas. Para o mesmo volume de água utilizado, a alteração do material de que é feita a garrafa vai influenciar o som que ouve?

---

4. Consegue estabelecer alguma relação entre a quantidade de água em cada garrafa e a frequência do som produzido? Qual?

---

---

5. Com o martelinho, toque no xilofone. Existe alguma diferença ao tocar com o martelinho em cada uma das três barras de metal? Explique.

---

---

6. Que relação poderá estabelecer entre o que sucedeu com o xilofone e com as garrafas?

---

---

## BLOCO 3

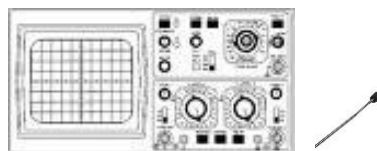
### *“Observação” do som*

Aluno: \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_ Experiência: \_\_\_\_\_

## *O osciloscópio: "observação" do som* – Protocolo Experimental

### **Material:**

1 osciloscópio                      1 fonte sonora  
1 microfone



### **Procedimento /Questões:**

1. O osciloscópio é um instrumento que permite obter a representação gráfica da amplitude da vibração sonora, em função do tempo, numa determinada posição (na qual se coloca um microfone ligado ao osciloscópio). Utilize o osciloscópio, o microfone e a fonte sonora para analisar como varia a intensidade da onda sonora com a distância.

1.1. Comece por aproximar o microfone à fonte sonora. Desenhe a representação gráfica que vê no osciloscópio.

1.2. Agora afaste o microfone da fonte sonora. Volte a desenhar a representação gráfica.

1.3. O que conclui?

---

---

---

---

---

1.4. “A frequência e a amplitude são propriedades distintas”. Comente a afirmação, recorrendo à análise do atividade que realizou em 1.1 e 1.2.

---

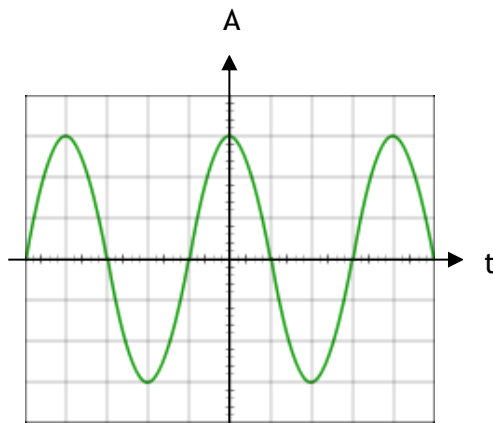


---



---

2. Imagine que sobre uma determinada onda sonora sabe que o seu comprimento de onda é 0,234m. Recorrendo ao osciloscópio obtém a seguinte representação da amplitude da vibração em função do tempo:

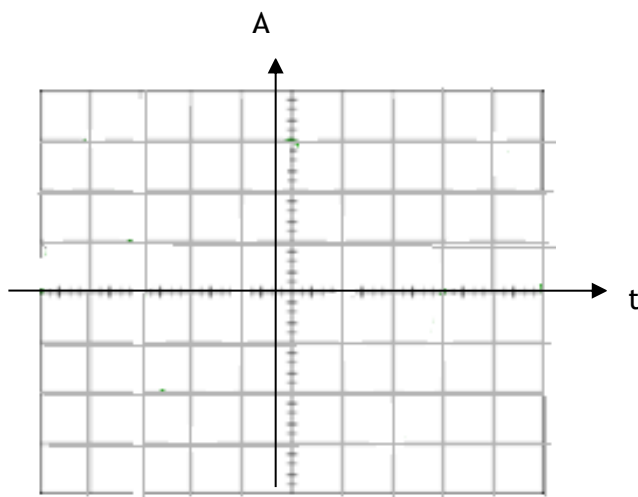


Se a escala de tempo utilizada for tal que cada divisão corresponde a  $0,10\text{ms} = 1,0 \times 10^{-4}\text{s}$ , determine a velocidade do som neste exemplo:

Nº de divisões que correspondem a um período: \_\_\_\_\_  $\Rightarrow T = \text{_____} \times 1,5 \times 10^{-4}\text{s} \Leftrightarrow T = \text{_____}$

$v = \lambda \times f \Rightarrow v = \lambda \times \frac{1}{T} \Rightarrow v = \text{_____} \times \text{_____} \Leftrightarrow v = \text{_____}$

3. Imagine a onda detetada no osciloscópio no ponto 2 se passa a propagar num sólido. Desenhe (aproximadamente) a representação gráfica que iria obter no osciloscópio e justifique.




---



---



---



---



---



---



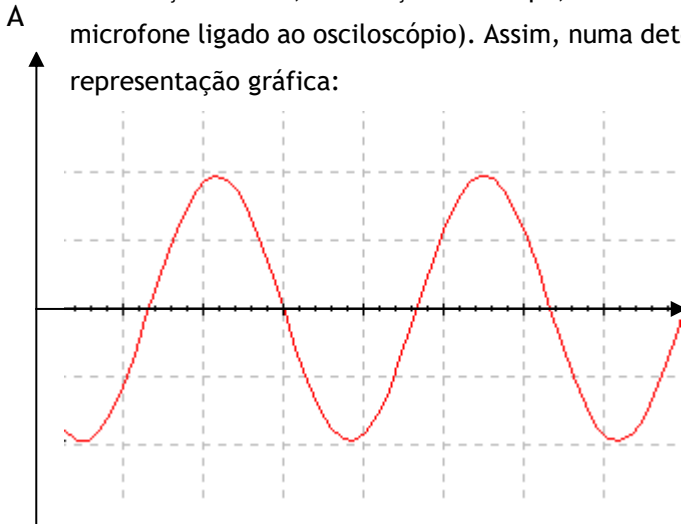
---



---

## *Observar o som* – Desafios

1. O osciloscópio é um instrumento que permite obter a representação gráfica da amplitude da vibração sonora, em função do tempo, numa determinada posição (na qual se coloca um microfone ligado ao osciloscópio). Assim, numa determinada atividade obteve-se a seguinte representação gráfica:



Desenhe sobre essa representação uma vibração que corresponda a uma onda:

- a. Com maior amplitude;
- b. Com menor período;
- c. Com menor frequência.

Use cores diferentes e faça a correspondência a, b e c.

2. Um computador pode analisar as vibrações das ondas sonoras. Utilizando um desses computadores, um microfone e uma flauta obtiveram-se os seguintes gráficos da amplitude (eixo vertical) em função da frequência (eixo horizontal), para a flauta. Sabendo que foram tocadas as notas musicais **Dó**, **Fá**, **Si**, faça corresponder cada uma delas ao respectivo gráfico. Indique qual a relação que usou para responder.

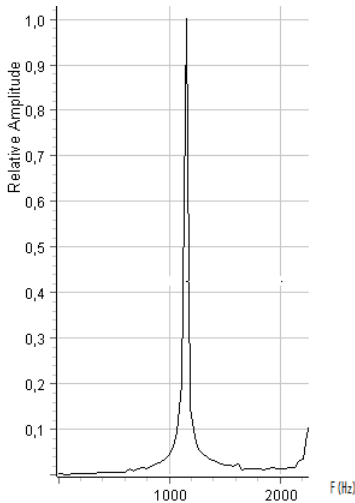


Gráfico 1

Nota Musical: \_\_\_\_\_

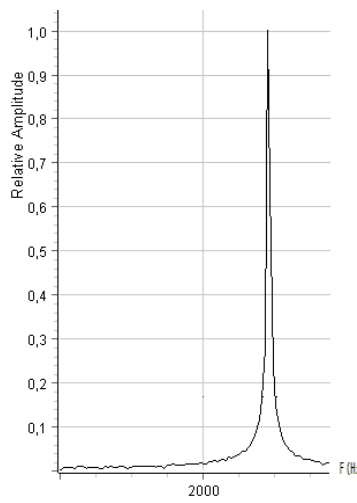


Gráfico 2

Nota Musical: \_\_\_\_\_

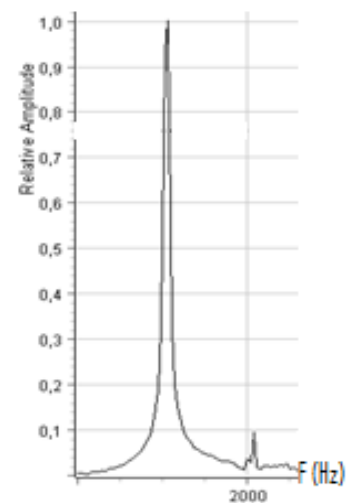


Gráfico 3

Nota Musical: \_\_\_\_\_

---



---



---

3. Relembra a atividade que fez com as garrafas de água e diferentes colunas de ar. Imagine que colocou um sensor de som (microfone) no gargalo de cada das sete garrafas, enquanto soprava, e registou, com o programa de computador utilizado em 2., os gráficos da frequência em função da amplitude:

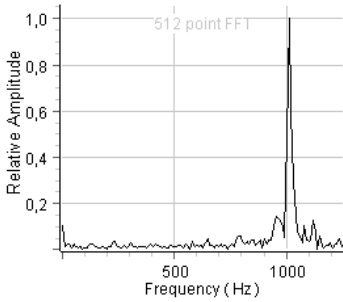


Gráfico 1

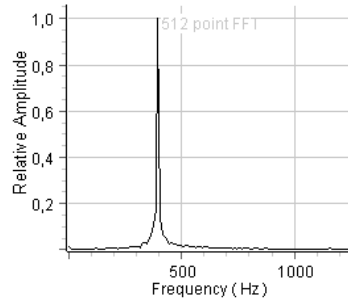


Gráfico 2

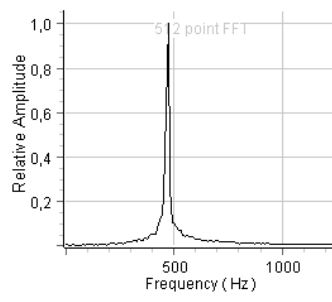


Gráfico 3

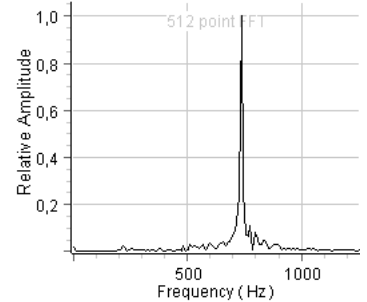


Gráfico 4

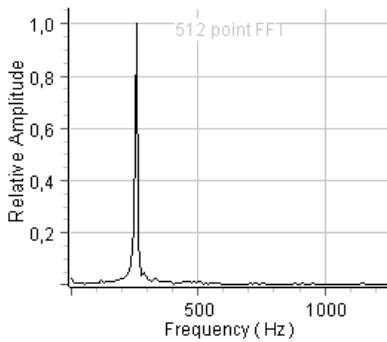


Gráfico 5

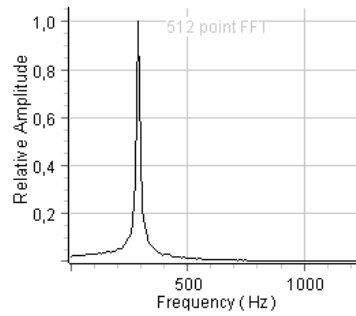


Gráfico 6

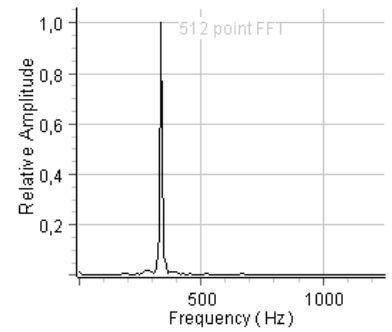
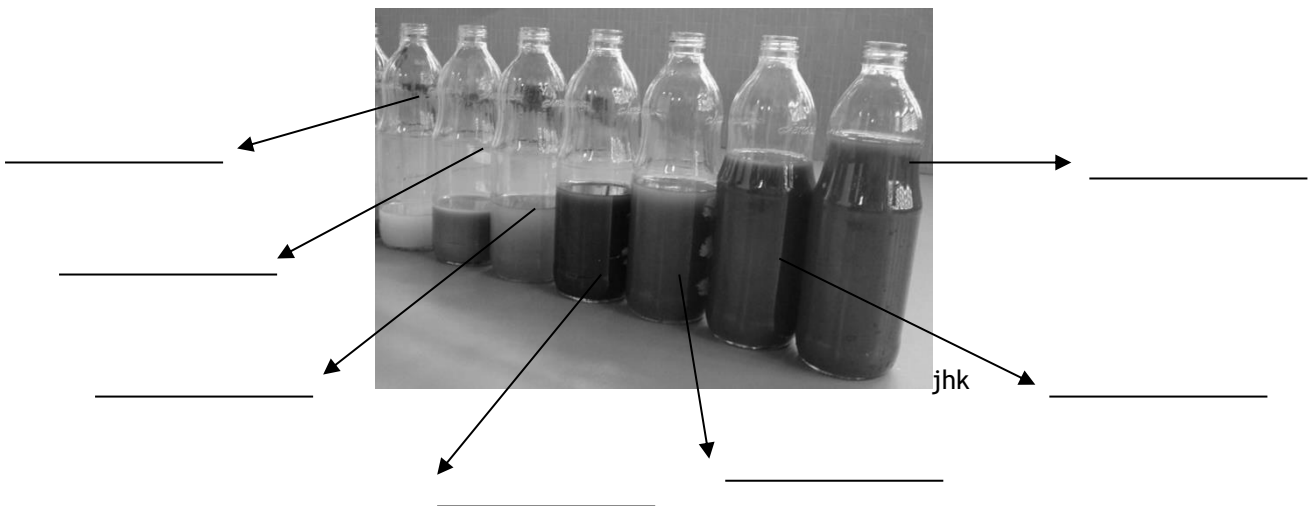


Gráfico 7

3.1. Faça a associação de cada gráfico ao volume de líquido de cada uma das garrafas:



3.2 Justifique as opções tomadas.

---



---



---

3.3 Assinale as opções corretas e justifique as falsas:

- a) O som representado pelo gráfico 7 é o mais intenso.
- b) O som reproduzido pela garrafa com maior volume de água é o mais forte.
- c) A garrafa com maior quantidade de líquido é aquela na qual o som se propaga com maior velocidade.
- d) O som do gráfico 6 é mais intenso que o gráfico 7.
- e) O gráfico 1 representa o som mais grave.

4. Para a propagação de uma onda sonora em diferentes meios, com o comprimento de onda de 2m, obteve-se os seguintes gráficos da amplitude em função da frequência:

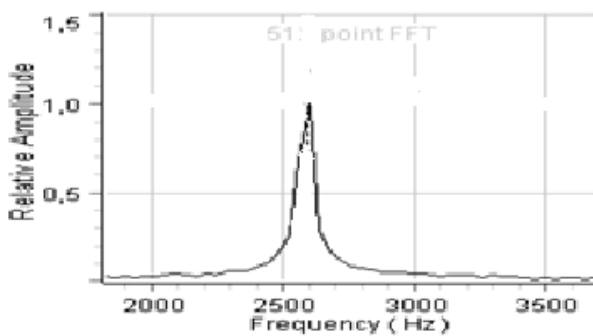


Gráfico 1

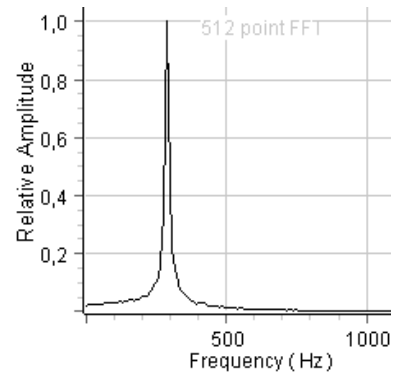


Gráfico 2

Identifique o gráfico que poderá corresponder à propagação do som no ar? E num cilindro metálico? Justifique com cálculos.

---



---



---



---

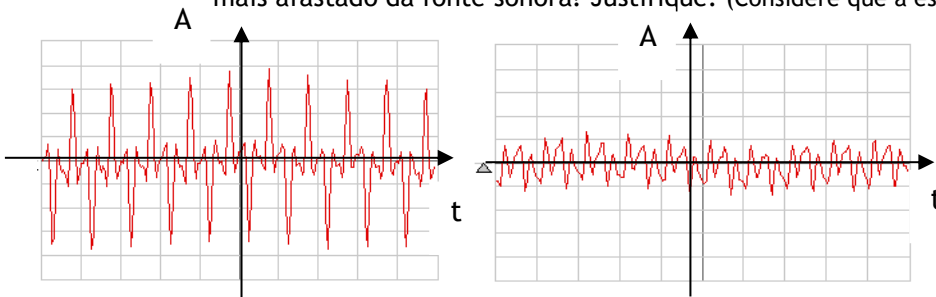


---



---

5. A intensidade dum onda está relacionada com a quantidade de energia transportada por uma onda. Numa atividade em que ora se afasta ora se aproxima um microfone de uma fonte sonora, qual dos gráficos poderá representar a situação em que o microfone está mais afastado da fonte sonora? Justifique. (Considere que a escala é a mesma nos dois gráficos)




---



---



---



---



---



Capítulo 3 - Registos de ocorrências

Experiência	Observações acerca da gestão de:		
	Tempo	Recursos	Outras
Mesa A: Slinky (20m)			
Mesa B: Tina de água (20m)			
Mesa C: Simulador de ondas 0m)			
BLOCO 1: Ondas Mecânicas (60m)			

Experiência	Observações acerca da gestão de:		
	Tempo	Recursos	Outras
<p>BLOCO 2: Vibração e Produção do som (60m)</p>	<p>Mesa A: Vibração (30m)</p>	<p>a. Tubo e Apito (15m)</p>	
		<p>b. Cachimbo sonoro e "Telefone" (15m)</p>	
	<p>Mesa B: Produção do som (30m)</p>	<p>c. Régua e caixa de cordas (15m)</p>	
		<p>d. Xilofone e garrafas de água (15m)</p>	

Experiência	Observações acerca da gestão de:		
	Tempo	Recursos	Outras
Mesa A: O osciloscópio - velocidade e intensidade (30m)			
BLOCO 3: "Observação" do som (60m)			
Mesa B: "Observar" o som (30m)			

### Anexo C - Pré e Pós Teste do Estudo Piloto

Ano: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

Código: \_\_\_\_\_

1. O que é para ti uma onda? Dá um exemplo.

---

---

---

2. Imagina que a Ana está à beira de uma piscina e vê um rádio (à prova de água) lá dentro. Conseguirá a Ana ouvir a música que esse rádio está a emitir? Porquê?

---

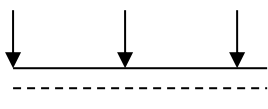
---

---

3. Três amigos, Maria, Pedro e Miguel, estão numa estrada. A Maria está à mesma distância do Pedro e do Miguel.

a) No mesmo instante, o Pedro e o Miguel começam a falar. O Pedro grita e o Miguel fala normalmente. Será que a Maria ouve o Pedro e o Miguel ao mesmo tempo? Justifica.

Pedro      Maria      Miguel



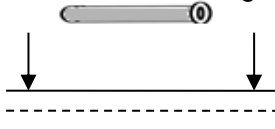
---

---

---

b) O Pedro vai embora e a Maria e o Miguel ficam a conversar. O Miguel resolve começar a falar por uma mangueira (um tubo) que estica entre a sua boca e o ouvido da Maria. Será que a Maria consegue ouvir o Miguel do mesmo modo? Explica o que achas que mudou.

Maria                      Miguel



---

---

---

4. Indica quais as afirmações falsas e justifica-as:

- a) O som é uma onda.
- b) Se dois megafones iguais estiverem ligados ao mesmo rádio, do mesmo modo, cada um deles reproduzirá um tipo de som diferente.
- c) Um som grave é um som pouco intenso.
- d) O som propaga-se mais lentamente à medida que vai alcançando distâncias maiores.

---

---

---

---

## Anexo D - Guião das atividades do Estudo Inicial

---

Experiências 8º ano

## Capítulo 1 - Indicações para professores

### 1 - Considerações gerais

As atividades laboratoriais propostas neste documento são sobre o Som e estão adequadas às Orientações Curriculares e aos alunos do 8º ano, com o objetivo de potencializar competências associadas a uma atitude de *Inquiry* na aprendizagem da Física. Pretende-se estimular o interesse dos alunos pela busca de respostas e conseqüentes aprendizagens ativas e mais eficazes, contribuindo para eventuais correções conceituais sobre os fundamentos de Física neste domínio de conhecimento.

Com esta metodologia pretende-se tornar a realização destas atividades laboratoriais potenciadoras de um desenvolvimento de competências cognitivas, atitudinais e processuais, estimulando nos alunos a motivação e a autonomia na realização de atividades, a criatividade, e conduzindo-os à procura de respostas, fomentando a vontade de aprender.

As estratégias adotadas na realização destas atividades têm como objetivo a criação de um espírito de *inquiry* nos alunos, que potencializará a capacidade de pensar, de analisar informações em linguagens científicas diversas (tabelas, gráficos, textos, etc.) e a racionalidade (justificação de escolhas ou de opções).

A metodologia proposta reconhece e valoriza a importância do conhecimento anterior e envolve os alunos no processo de investigação científica. Por este motivo, e neste nível letivo, qualquer das atividades propostas só deve ser realizada após a leção dos conteúdos científicos necessários à sua compreensão.

Para cada atividade existe um documento de apoio aos alunos que fornece as informações para a sua realização e que se baseia, alternadamente, em perguntas e indicações. Os alunos devem interpretá-lo e ir realizando as tarefas “degrau a degrau” como se estivessem a subir uma escada.

De salientar que estes documentos, ainda que contenham questões, não são instrumentos de avaliação. Pretendem ser um reforço e uma aplicação da aprendizagem alcançada, potenciando a compreensão profunda e a motivação intrínseca de cada aluno perante os desafios.

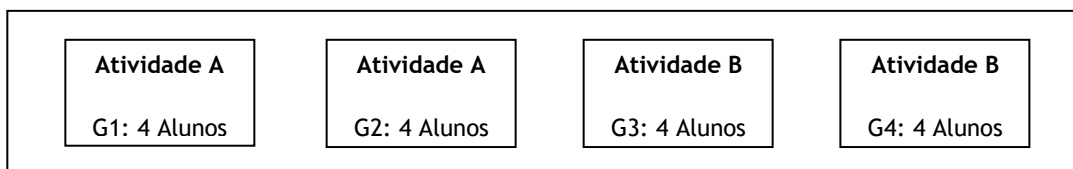
### 2 - Fatores a ter em conta ANTES da realização das atividades

As atividades laboratoriais propostas estão preparadas de acordo com uma organização rotativa - estações experimentais. Assim, em simultâneo decorrerão duas atividades diferentes, com o mesmo tempo de realização. Este sistema não se verifica no Bloco 3, no qual todos os alunos fazem a mesma atividade em simultâneo, uma vez que cada uma das atividades tem tempos diferentes: a primeira deve ser realizada em 10 min e a última em 30 minutos.

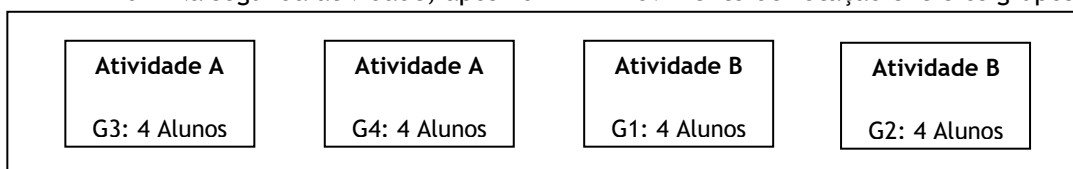
Todas as atividades devem ser realizadas em grupos - no máximo de 4 alunos em cada - e de acordo com o número de alunos a mesma atividade pode ser duplicada ou até triplicada.

Exemplo: Aula do Bloco 1 - Atividade A e B, turma de 16 alunos dividida em 4 grupos:

- Na primeira atividade:



- Na segunda atividade, após 20 min - movimento de rotação entre os grupos:



Cada bloco incide sobre um tema específico com atividades que correspondem a subtemas diferentes. A realização das atividades deve ser gerida para o tempo disponível (indicado em cada ficha de trabalho) e é importante que os alunos sejam informados que têm um determinado tempo para realizar cada atividade, após o qual mudam para a próxima atividade, independentemente de a terem ou não terminado (como se de um jogo de tratasse).

O professor deve fornecer algumas dicas aos alunos: se o grupo for de 4 alunos (tamanho ideal), podem definir entre eles dois alunos como os “executantes” e outros dois alunos como os “relatores”. Todos **devem discutir a atividade e os resultados entre si**, mas só alguns elementos executam enquanto os outros elementos vão escrevendo as respostas. As questões vão surgindo ao longo da atividade e, por vezes, para que os alunos cheguem às respostas têm que cumprir determinada tarefa - trabalho simultâneo entre realização e reflexão/respostas.

É importante que os alunos estejam familiarizados com as especificidades da metodologia proposta antes da primeira aula para que o tempo disponível seja utilizado unicamente para a realização e compreensão das atividades e não para a organização da estrutura. Deste modo, estas informações gerais devem ser apresentadas aos alunos na aula que preceder a primeira atividade laboratorial. Os grupos devem ser definidos antes da aula laboratorial e devem manter essa estrutura ao longo de todas as restantes aulas laboratoriais.

As fichas de apoio às atividades devem ser entregues aos alunos no início da aula em que vão realizá-las. Cada grupo deve ter a sua ficha e devolve-la ao professor no fim da atividade, mesmo que não a tenha terminado. É importante que o professor indique, na sua

ficha de registo de ocorrências, se o tempo foi suficiente para esse grupo de alunos nessa atividade.

### **BLOCO 1: Ondas Mecânicas**

Antes dos alunos chegarem à sala o professor deve ter uma Slinky em cima de cada mesa onde irá decorrer a atividade A, do Bloco 1, com um pedaço de fita isoladora colorida numa das espiras (sensivelmente a meio da Slinky).

Em relação à atividade B, deverá estar em cima de cada mesa uma tina com uma pequena quantidade de água (cerca de 2 cm de profundidade), 1 lápis e 1 palito. No caso de a escola não ter uma tina de água esta pode ser facilmente substituída por um recipiente de vidro, um alguidar ou uma “tupperware”. É importante que seja relativamente comprida (pelo menos 50 cm) para que os alunos possam ver a propagação das ondas e a relação entre amplitude e a distância à perturbação inicial. Se o recipiente for transparente pode colocar-se em cima de um retroprojektor e os alunos conseguem ver melhor os resultados, mas se tal não for possível funciona igualmente bem com um recipiente opaco, como um alguidar.

Sobre cada mesa deve ser colocada a ficha de apoio à realização das atividades correspondentes.

### **BLOCO 2: Propagação do som em meios diferentes**

Para a atividade A deste bloco, é necessário que o professor assegure que em cada mesa estará uma mangueira (de regar o jardim, por exemplo, ou um tubo longo de plástico).

Para a atividade B são necessárias duas colheres de metal mas com os cabos em plástico (ou madeira) e um recipiente fundo com água, um “cachimbo sonoro”, uma “membrana” e uma fonte sonora (basta um rádio comum).

#### **a) BLOCO 3: Produção de ondas mecânicas e de som**

Para a atividade A são necessários elásticos de espessuras diferentes, uma régua e uma caixa de cartão (uma caixa de sapatos, por exemplo). Os elásticos têm de poder ser colocados à volta da caixa.

Na atividade B cada grupo necessita de um computador com ligação à internet - no caso de não ser possível ter estes requisitos na sala de aula, os alunos podem fazer esta atividades na sala de estudo ou biblioteca. Apenas precisam levar consigo o documento de apoio à realização da atividade. O professor deve assegurar que cada computador utilizado tem no seu ambiente de trabalho um documento word com os links necessários, de modo a que o aluno apenas tenha de clicar no link e não escrevê-lo na barra de endereços.



#### b) BLOCO 4: Desafios

Todos os grupos de alunos deverão resolver a ficha de trabalho que contempla os assuntos abordados durante as atividades laboratoriais, sem consulta dos manuais.

### 3 - Objetivos das atividades

#### a) BLOCO 1: Ondas Mecânicas (45 min)

Com as duas montagens experimentais - “Slinky e as ondas mecânicas” e “Tina de água” pretende-se que os alunos percebam que:

- as ondas mecânicas têm origem numa perturbação efetuada num meio elástico;
- há uma velocidade de propagação das perturbações (velocidade da onda);
- se as perturbações forem repetidas periodicamente e o meio for razoavelmente elástico, elas provocam movimentos ondulatórios periódicos;
- há meios de propagação lineares, superficiais e tridimensionais;
- as partículas do meio elástico movem-se mas voltam sempre a passar à posição inicial (oscilam em torno de posições de equilíbrio no caso das ondas periódicas);
- as perturbações periódicas num meio elástico dão origem a oscilações com amplitude, frequência e período, em todos os pontos do meio;
- o conjunto de oscilações do meio constitui uma onda com amplitude, frequência, período e comprimento de onda;
- quando se propaga uma onda, não há transporte de matéria através do meio mas apenas de energia (envolvida nos movimentos dos pontos do meio);
- as ondas podem sofrer reflexão se encontrarem um meio com propriedades diferentes.

#### Mesa A: Slinky (20 min)

Com esta atividade pretende-se mostrar exemplos de ondas mecânicas que se propagam apenas segundo uma direção, ilustrando:

- o que são perturbações; como se propagam num meio elástico; o que são ondas periódicas; que numa propagação num meio elástico apenas numa direção, a amplitude de oscilação de todos os seus constituintes é a mesma; que numa onda mecânica não há propagação de matéria; que numa onda mecânica há propagação de energia; as perturbações e a sua propagação num meio podem ter a mesma direção (//) ou direções perpendiculares ( $\perp$ ) e em função disso as ondas têm denominações diferentes (longitudinais ou transversais).

### Mesa B: Tina de água (20 min)

Com a tina de água pretende-se dar um exemplo de ondas mecânicas a propagar-se em todas as direções sobre um plano, à superfície da água. Pode verificar-se que também neste caso:

- as ondas têm origem numa perturbação num meio elástico; provocam alterações da posição de cada ponto do meio, em torno sempre da mesma posição média por isso não existe transporte de matéria (o que é facilitado pela visualização de um objeto que flutua na água); transportam energia; a repetição periódica da perturbação origina ondas periódicas. Ilustra-se também a noção de comprimento de onda. Verifica-se que, sendo a propagação sobre um plano, a amplitude de vibração dos pontos mais afastados da perturbação inicial é menor, o que se explica pela distribuição da energia da perturbação inicial cada vez por mais pontos do meio. Permitirá inferir o que se passará a três dimensões.

### **BLOCO 2: Propagação do som em meios diferentes (45 min)**

Neste Bloco pretende-se que os alunos percebam que o som:

- tem origem numa vibração do meio;
- é uma onda mecânica que se propaga em meios materiais;
- pode ser caracterizado por uma frequência e uma intensidade (amplitude, energia);
- propaga-se no ar em todas as direções com velocidade elevada (muito superior à dos movimentos vulgarmente observados no dia-a-dia);
- em condições vulgares propaga-se em todas as direções, mas pode ser “canalizado”, ou seja, pode forçar-se a sua propagação apenas numa direção;
- quando se propaga livremente em todas as direções a sua intensidade diminui com a distância à perturbação inicial;
- quando se propaga apenas numa direção, a sua intensidade mantém-se constante;
- propaga-se na água;
- propaga-se nos sólidos;
- ao propagar-se em diferentes meios pode ter características diferentes;
- resulta da propagação de ondas mecânicas;
- tem origem numa vibração.

#### Mesa A: “Palmas” e Mangueira (20 min)

Com a atividade das “palmas” acredita-se que os alunos possam perceber que o som resulta de uma vibração que se propaga em todas as direções (onda tridimensional). Usando a mangueira mostra-se que quando o som se propaga apenas numa direção a sua intensidade permanece constante (relacionar com a atividade da Slinky). É importante para que os alunos percebam que “ouvir-se melhor” depende da propagação ser a uma dimensão, pois na mangueira o meio de propagação continua a ser o mesmo - o ar.

#### Mesa B: “Cachimbo sonoro”, água e madeira (20 min)

O “cachimbo sonoro”, construído com materiais do cotidiano, permitirá que os alunos sintam (ouçam) mais uma vez que o som resulta de uma vibração que se propaga, neste caso, no ar. Irão constatar que o comportamento da cortiça (resultado das oscilações dos pequenos pedaços) muda em função do tipo de som que é emitido pela fonte sonora - frequências diferentes dão origem a vibrações diferentes.

Em relação à propagação do som no líquido, o aluno verifica que produzindo um som dentro de água, consegue ouvi-lo do lado de fora. Entenderá que o som passou pela água e pelo ar (propagando-se nos dois meios).

Quando o aluno raspa com a unha na mesa o colega que está na outra ponta não ouve o som, mas quando encosta o ouvido na mesa já ouve. Então o aluno deve perceber com esta atividade que o som também se propaga em sólidos e com especificidades diferentes, uma vez que no ar (3D) o som não chegou até si e na mesa (2D) já chegou - mesma distância.

### **BLOCO 3: Produção de ondas mecânicas e de som (45 min)**

#### Mesa A: Régua e caixa de cordas (10 min) - todos os grupos em simultâneo

A régua mostra que a vibração provocada se propaga às moléculas do ar, que começam a vibrar e ouve-se o som quando as vibrações do ar atingem os nossos ouvidos. É importante que os alunos concluam que quanto menor for a porção da régua para fora da mesa, maior será a frequência da vibração e mais agudo será o som produzido. Além disso, podem correlacionar a amplitude de vibração da régua com a intensidade sonora produzida. A caixa de cordas possibilitará a analogia com os instrumentos de cordas, nos quais quanto mais curta, mais fina e mais tensa estiver a corda, mais elevada será a sua frequência e, conseqüentemente, mais agudo será o som produzido.

Mesa B: Ondas mecânicas no PC (30 min) - *todos os grupos em simultâneo*

Com os simuladores pretende-se verificar os conceitos anteriormente abordados em atividades práticas, agora em situações simuladas. Utilizam-se exemplos de ondas mecânicas, sugere-se aos alunos que distingam onda longitudinal de transversal, e que explorem os efeitos das alterações induzidas na frequência e amplitude numa onda através de representações gráficas.

**BLOCO 4: Desafios (45 min)**

Nesta parte final são lançados alguns desafios aos alunos que resumem conceitos abordados durante todas as atividades anteriores e exploram-se as representações gráficas das vibrações. Pretende-se verificar a presença ou não de algumas das pré-concepções mais comuns sobre o tema, analisadas no pré-teste:

- o som só se propaga no ar;
- A intensidade e a frequência do som são propriedades idênticas;
- A velocidade e a frequência do som são propriedades idênticas;
- A propagação de uma onda implica transporte de matéria;
- Um som pode acontecer sem uma vibração;
- No mesmo meio a velocidade do som pode ser diferente, em função da frequência.

# BLOCO 1

## *Ondas Mecânicas*

## A. Slinky (20 min)

### Material:

1 mola Slinky com um pedaço de fita isoladora colorida

1 mesa



### Procedimento:

1. Tal como na figura 1, um aluno deve deslocar-se para uma ponta da mesa, posição A, e segurar a Slinky numa extremidade. Durante toda a atividade deve manter a extremidade da mola fixa
2. Outro aluno deve colocar-se na outra ponta da mesa e esticar a Slinky pela extremidade até estar esticada - posição B.

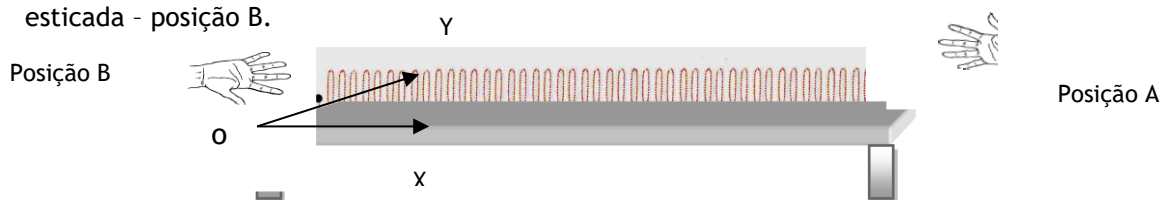


Figura 1

3. Reproduza a figura 2, induzindo uma perturbação na mola e fazendo-a oscilar para a sua direita e voltar à posição inicial.

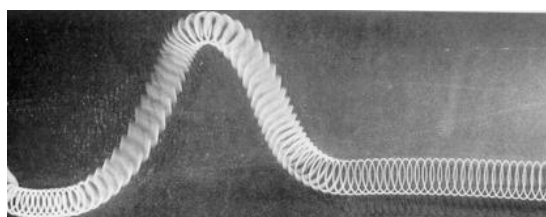


Figura 2 - ondas I.

5. Reproduza a figura 3 produzindo outra perturbação apertando um certo número de espiras e largando-as rapidamente.

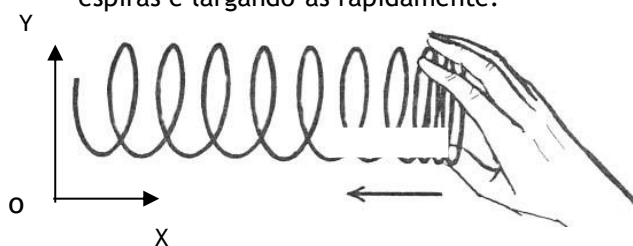


Figura 3 - ondas II.

4. Observe o movimento produzido.
6. Observe o movimento produzido.
7. Suponha que o comprimento da mola ( $\Delta x$ ) é de 2 m e que o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) que a perturbação, originada em B, leva a chegar até A, é 2 s. Calcule a velocidade de propagação da onda. (NOTA: esta alínea pode ser substituída pelo cálculo com medições realizadas pelos alunos)

8. No início, com a Slinky parada, todas as espiras da mola estão nas mesmas condições. Caracterize a direção do movimento provocado nas primeiras espiras e a direção da sua propagação no meio, tendo em conta as linhas ox e oy indicadas no sistema de eixos. Complete a tabela:

Procedimento	Direção da <u>Perturbação</u> (movimento de cada espira)	Direção da <u>Propagação</u>	As duas direções são:	
			Perpendiculares	Paralelas
I. – Ondas I				
II. – Ondas II				

9. Se no procedimento 5, em vez de executar o movimento para a direita, o fizer para a esquerda, qual a direção de perturbação? E a direção da propagação?

\_\_\_\_\_

Experimente para confirmar a sua resposta.



10. Sabendo que nas ondas longitudinais a perturbação tem a mesma direção da propagação e que nas ondas transversais as direções são perpendiculares, como classifica as ondas criadas em 5 e 6, ondas I e II, respetivamente?

Ondas I: \_\_\_\_\_ Ondas II: \_\_\_\_\_

11. Leia a questão i. e ii.; para responder volte a executar os passos 5 e 6.

- |   |   |
|---|---|
| <p>i. Durante a atividade experimental o que aconteceu à fita colorida? (escolher a opção correta)</p> <p>a. Mudou de espira.</p> <p>b. Moveu-se sem nunca mudar de espira.</p> <p>c. A sua posição não sofreu alterações durante toda a atividade.</p> | <p>ii. A onda que foi criada na mola propagou-se porque:</p> <p>a. As espiras iniciais se deslocaram para o fim da mola.</p> <p>b. O movimento inicial saltou para o fim da mola.</p> <p>c. A vibração inicial se propagou sucessivamente a todas as espiras da mola.</p> |
|---|---|

12. Na coluna K desenhe, com setas, as direções de perturbação e propagação das ondas representadas na coluna L. Em seguida, faça a correspondência entre a coluna L e M:

Coluna K - Direção de:		Coluna L	Coluna M
Perturbação: _____	Propagação: _____		. . Onda transversal
Perturbação: _____	Propagação: _____		. . Onda longitudinal

13. Todas as espiras da mola entram em movimento ao mesmo tempo? Sim ou não? Explique a sua resposta.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## B. Tina de água (20 min)

### Material:

1 lápis

1 Tina com água



1. Provoque uma perturbação ao tocar com a ponta do lápis na água, repetindo esse movimento algumas vezes. O que observa? Faça um esquema (desenho) e descreva.

---

---

---

---

2. Indique na figura 1, a grandeza física **amplitude**:

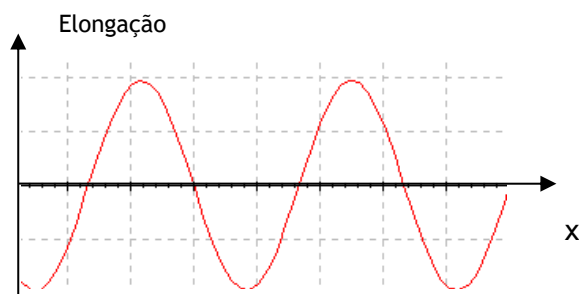


Figura 1

3. Como varia com a distância a amplitude da onda gerada na superfície? Volte a repetir a atividade para responder (tome atenção aos pontos do meio mais perto da perturbação inicial e os pontos mais afastados).

---

---

---

4. Num movimento ondulatório existe sempre uma perturbação que deu origem à onda (um emissor que vibra) e um meio no qual ele se propaga. Identifique estes elementos na atividade.

Emissor: \_\_\_\_\_

Meio: \_\_\_\_\_



5. Desenhe na figura 2, a grandeza física **comprimento de onda**:

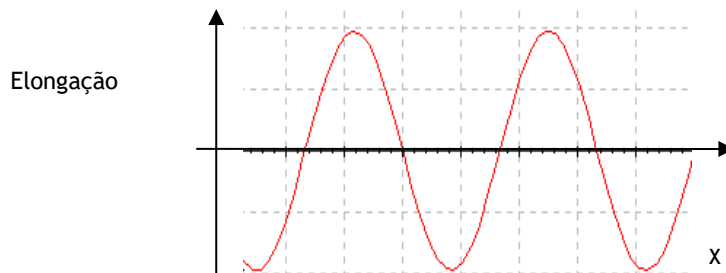


Figura 2

6. Agora, repita o procedimento realizado em 2, mas, para o mesmo intervalo de tempo, aumente o número de vezes que toca com a ponta do lápis na água. Quais as características da onda (grandezas físicas) que sofreram alterações?

---

---

---

7. Coloque um pedacinho de palito um pouco afastado da parede da tina e verifique que fica a flutuar. Volte a perturbar o meio, com o lápis. O que aconteceu ao pedaço de palito? Sofreu algum deslocamento lateral?

---

---

8. “A propagação de uma onda não envolve transporte de matéria”. Esta afirmação é verdadeira ou falsa? Utilize os resultados obtidos no ponto 8 para justificar.

---

---

---

9. “ A amplitude da onda à superfície da água vai diminuindo à medida que esta se afasta do ponto no qual se efetuou a perturbação inicial.” Comente a afirmação, relacionando a amplitude com a energia da onda.

---

---

---

10. Suponha que a distância entre o ponto onde efetuou a perturbação inicial e a parede da tina é 50cm. Suponha que a perturbação que originou levou 0,5 s a atingir os pontos da parede da tina. Qual a velocidade de propagação?

Aluno: \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_ Experiência: \_\_\_\_\_

## A. "Palmas" e Mangueira (20 min)

**Material:**

1 mangueira ou um tubo longo



Tendo em conta tudo o que já aprendeu sobre o som, interprete e explique as seguintes questões.

1. O som é uma onda mecânica e como tal é produzido por uma perturbação que se propaga num meio. Suponha que o João bate palmas numa sala em que está o António. Indique:

A perturbação: \_\_\_\_\_

O meio que vibra: \_\_\_\_\_

O recetor: \_\_\_\_\_

2. Imagine que quatro alunos estão organizados, em pé, de acordo com a figura 1.

O aluno D está de costas para os colegas. Um destes 3 colegas (A, B ou C) bate palmas. O aluno D tenta identificar qual dos 3 colegas bateu palmas. Conseguirá? Justifique.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

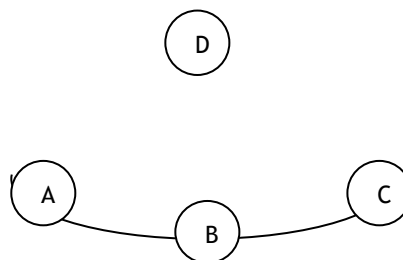


Figura 1

3. Os alunos resolveram mudar as condições da experiência: o aluno A deita-se no chão, aluno B sobe para cima de um escadote e o aluno C mantém-se de pé. Se o aluno D bater palmas, todos os outros alunos vão ouvir? Explica porquê.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Selecione um colega que tenha um relógio de pulso com ponteiros dos segundos. Peça-lhe que se afaste 1m. Consegue ouvir o "tic-tact" do relógio? Agora aproxime-se do colega e encoste o relógio dele ao seu ouvido (não deve existir barulho na sala). O que mudou? Explique, analisando o que acontece em cada um dos casos com a intensidade do som (relacione com a atividade que fez com a tina de água).

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Utilize a mangueira (ou o tubo) que está em cima da mesa. O aluno que tem o relógio de pulso, utilizado em 4, deve encostá-lo a uma ponta da mangueira. Encoste o ouvido na outra ponta da mangueira. O que verifica? Consegue ouvir o som do “tic-tac” do mesmo modo, com o ouvido encostado ou afastado da mangueira? Justifique.

---

---

---

---

6. “O som é uma onda que se propaga em todas as direções (no ar, em condições gerais, a propagação é tridimensional -  $x, y$  e  $z$ ). Se a propagação acontecer apenas numa direção, a energia sonora permanece a mesma durante essa propagação.” Comente a afirmação, tendo em conta a atividade que realizou.

---

---

---

---

7. Imagine que o João está na janela de casa e quer falar com a Ana, que está na janela da casa em frente à sua, mas não a consegue ouvir porque a distância não o permite. Indique:

a) A fonte sonora, o recetor e o meio de propagação.

---

---

b) “Quando a onda sonora sai pela boca do João tem uma velocidade diferente de quando chega ao ouvido da Ana”. Esta afirmação é verdadeira ou falsa? Justifique.

---

---

---

---

c) Neste caso, qual a característica da onda que varia com a distância? Explique.

---

---

d) Como poderia o João resolver a situação, sem recorrer à tecnologia?

---

---

---

Aluno: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Experiência: \_\_\_\_\_

## B. "Cachimbo sonoro", água e madeira (20 min)

### Material:

- |              |  |
|--------------|--|
| 1 "cachimbo" | 2 colheres de metal com cabos de madeira |
| 1 "membrana" | 1 coluna ligada a uma fonte              |



1. Usando o cachimbo, grite a vogal "i" sobre tubo com uma "voz aguda". O que aconteceu à cortiça que estava em cima da membrana? Agora tente fazer uma "voz grave" e pronuncie a vogal "o". Mudou alguma coisa?

---

---

2. Ligue a fonte sonora e coloque a "membrana" em cima da coluna. Explique o que acontece quando:

a) Altera o volume.

---

---

b) Muda a frequência.

---

---

3. "O cachimbo e a membrana permitiram detetar com os olhos (ver) o que habitualmente apenas se deteta com os ouvidos (ouve)" - comente a afirmação.

---

---

---

4. No "cachimbo" qual é o meio de propagação da onda sonora?

---

5. Coloque as 2 colheres no recipiente com água, de modo a que toda a parte metálica esteja submersa - figura 1. Bata com as colheres uma na outra.



Figura 1

a) Consegue ouvir o som produzido por essa perturbação?

---

---

b) Qual o meio, ou quais os meios, em que se está a propagar a onda sonora.

---

---

c) Uma onda sonora demora mais tempo a percorrer 100m quando se propaga ar do que quando se propaga na água. O que pode concluir sobre a velocidade de propagação sonora na água em relação ao ar?

---

---

6. Um aluno do vosso grupo deve sentar-se de um lado da mesa e outro aluno do outro lado. Um dos alunos raspa levemente com a unha na mesa. O aluno do outro lado da mesa consegue ouvir o som que o colega produziu? Justifique.

---

---

7. Peça agora ao seu colega que encoste o ouvido à mesa. Volte a raspar levemente com a unha na mesa. O que mudou? Justifique.

---

---

8. Na situação 7, qual o meio em que se está a propagar a onda sonora?

---

9. Assinale as opções **falsas** e **corrija-as**:

- a) O som propaga-se no ar e na água mas não na madeira.
- b) O som propaga-se no ar, na água e na madeira.
- c) De acordo com a informação dada na tabela 1, a onda sonora demora mais tempo a percorrer a mesma distância quando se propaga no metal do que quando se propaga no ar.

---

---

---

---

Velocidade do som	
Ar	Metal
340 m/s	5100 m/s

Tabela 1

## **BLOCO 3**

# ***Produção de ondas mecânicas e de som***

Aluno: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Experiência: \_\_\_\_\_

## A. Régua e caixa de cordas (10 min)

### Material:

1 caixa de cartão;      1 elástico grosso  
3 elásticos finos;      1 régua



1. Prenda uma parte da régua na mesa, com uma mão. Com a outra mão bata na parte da régua que ficou fora da mesa. Explique o que acontece.

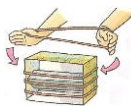
---

---

2. Vá variando a parte da régua que ficou de fora da mesa e ouvindo a diferença de sons que produz. Existe relação entre o comprimento da régua e a frequência do som produzido? Qual?

---

---

3. Coloque os três elásticos iguais à volta caixa.  Peça a um colega que segure bem a caixa contra a mesa, com uma mão. Dedilhe os elásticos, como se estivesse a tocar um instrumento de cordas. Todos os elásticos dão origem a sons iguais?

---

4. Coloque um dedo a meio de um elástico, puxe-o a partir desse sítio para a lateral da caixa e segure-o. Volte a dedilhar. O que mudou? Qual a alteração que provocou?

---

---

5. Agora coloque o outro elástico mais grosso. Volte a dedilhar. Como se alterou em relação à situação 3?

---

6. Fazendo uma analogia entre o que observou em 5, indique o que aconteceria se em vez de um elástico mais grosso que os elásticos iniciais, usasse um elástico mais fino.

---

7. Existe alguma relação entre a atividade com a régua e a da caixa e os elásticos?

---

---

## B. Ondas mecânicas no pc (30 min)

1. Abra o Link

[http://lh6.ggpht.com/\\_aTH7N3\\_trjA/ScKgYFc\\_aXI/AAAAAAAAAtM/c5vSk73UclA/s1600-h/peoplewave%5B7%5D.gif](http://lh6.ggpht.com/_aTH7N3_trjA/ScKgYFc_aXI/AAAAAAAAAtM/c5vSk73UclA/s1600-h/peoplewave%5B7%5D.gif). O que observa poderá ser uma onda? Explique.

---

---

---

2. As ondas podem ser classificadas em longitudinais ou transversais. Classifique a do exemplo

[http://lh4.ggpht.com/\\_aTH7N3\\_trjA/ScKgeA2dRsl/AAAAAAAAAtc/YkMIhxN0s6s/s1600-h/wavepulse%5B5%5D.gif](http://lh4.ggpht.com/_aTH7N3_trjA/ScKgeA2dRsl/AAAAAAAAAtc/YkMIhxN0s6s/s1600-h/wavepulse%5B5%5D.gif). Justifique.

---

---

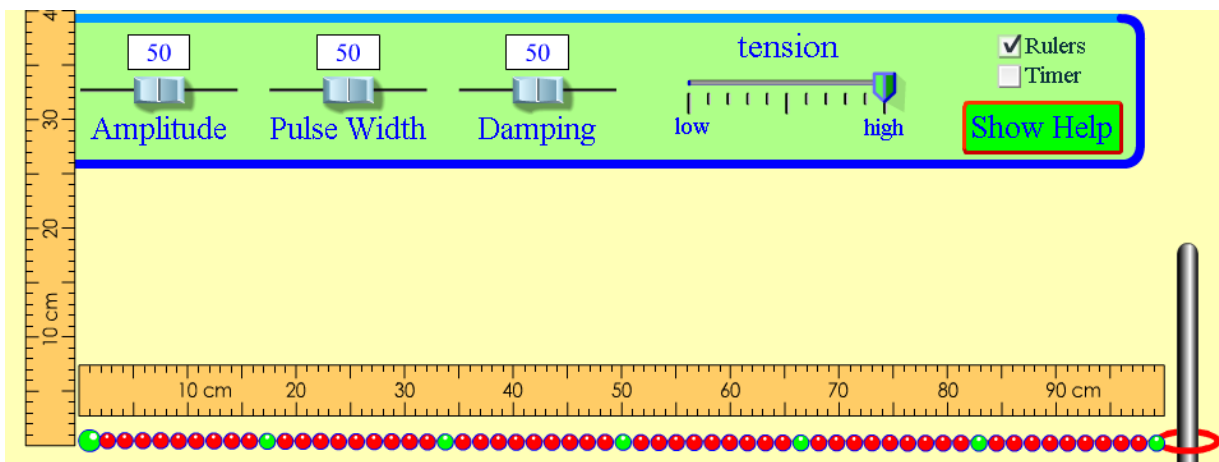
---

3. Use o simulador [https://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string_en.html) para estudar: **Amplitude, frequência e comprimento de onda.**

### 3.1 Amplitude:

- a. Selecione  Pulse  Loose End

- b. Explore a simulação até obter a seguinte configuração:





c. Explore como obter os dados de modo a completar a tabela:

Tabela XLVIII

Amplitude	Altura da onda no início (confirme que a régua está corretamente alinhada)	Distância ao suporte (fim)
100		
50		
5		

d. Analisando os dados que registou na tabela I, discuta o que aconteceu à energia em cada uma das situações em que alterou a amplitude.

---



---



---



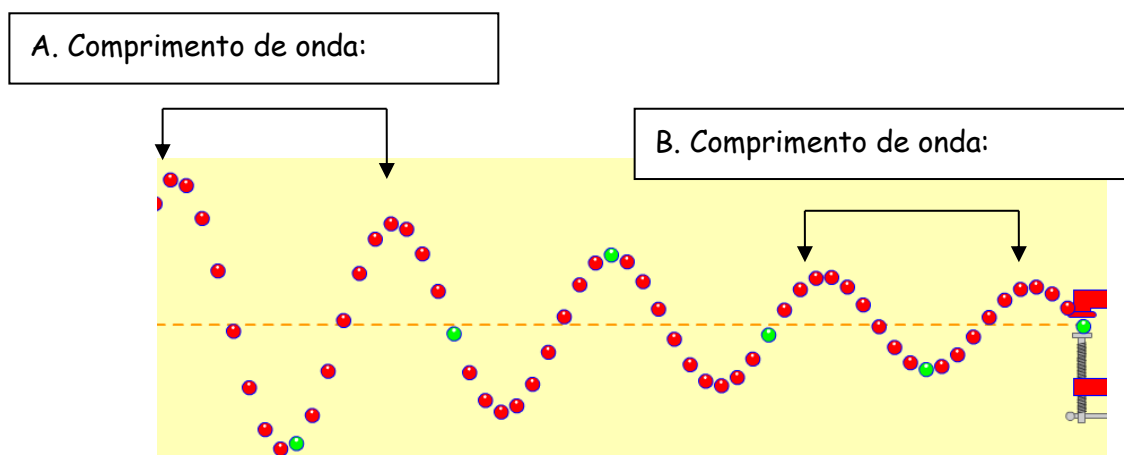
---



---

### 3.2 Comprimento de onda:

- Selecione  Oscillate  Fixed End e todas as restantes condições do ponto 1.
- Explore a simulação de modo a conseguir obter a seguinte onda e medir a grandeza indicada:



c. O que conclui sobre o comprimento da onda em A e B? Explique.

---

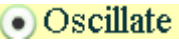



---



---

3.3 Frequência:

- a. Selecione ,  e as restantes condições do ponto 1.
- b. Explore o simulador de modo a obter os dados que lhe permitam preencher a tabela II:

**Tabela XLIX**

Frequência	Tempo (s)	Número de oscilações completas			Nº médio de oscilações completas em 10s	Nº de oscilações completas em 1s
		Trial #1	Trial #2	Trial #3		
50	10					
10	10					
100	10					

- c. A que grandeza corresponde os valores obtidos para a última coluna da Tabela II?

---



---

- d. Quando se altera: i) a amplitude e ii) a frequência de uma onda, quais as alterações que se verificam no comprimento de onda?

i) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

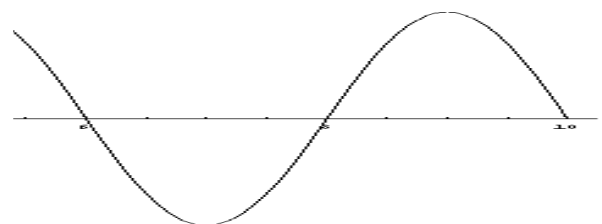
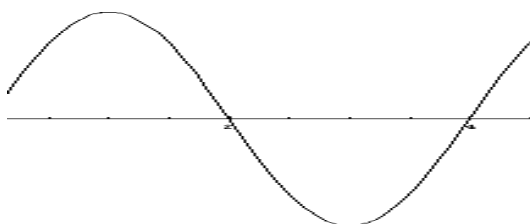
ii) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- e. Desenhe uma nova onda que tenha:

1. maior amplitude;

2. menor frequência



# BLOCO 4

## *Desafios*

## Desafios

1. O osciloscópio é um instrumento que permite obter a representação gráfica da elongação da vibração sonora, em função do tempo, numa determinada posição (na qual se coloca um microfone ligado ao osciloscópio).

a) Numa determinada atividade obteve-se, num osciloscópio, a seguinte representação gráfica - figura 1:

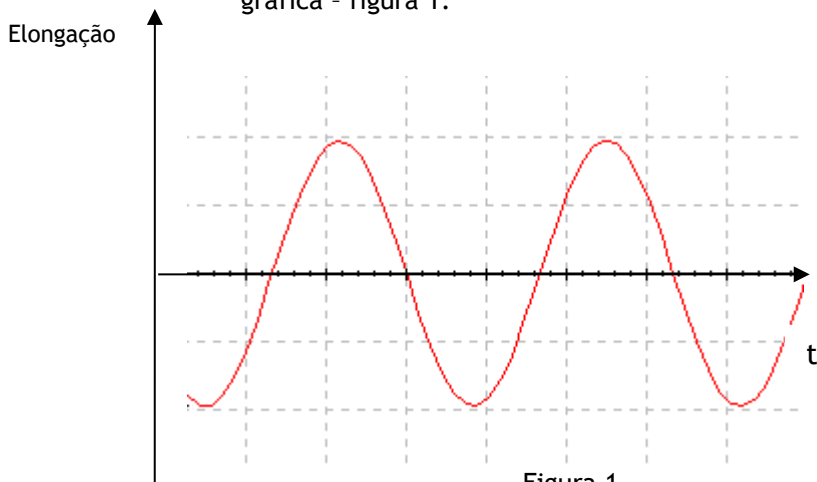


Figura 1

Desenhe sobre essa representação uma vibração que corresponda a uma onda:

- d. Com maior amplitude;
- e. Com menor período;
- f. Com menor frequência.

Use cores diferentes e faça a correspondência a, b e c.

2. Imagine que sabe que o comprimento de onda, de uma determinada onda sonora que se propaga no ar, é 0,234m. Recorrendo ao osciloscópio e a um microfone, obtém-se a seguinte representação da amplitude da vibração em função do tempo:

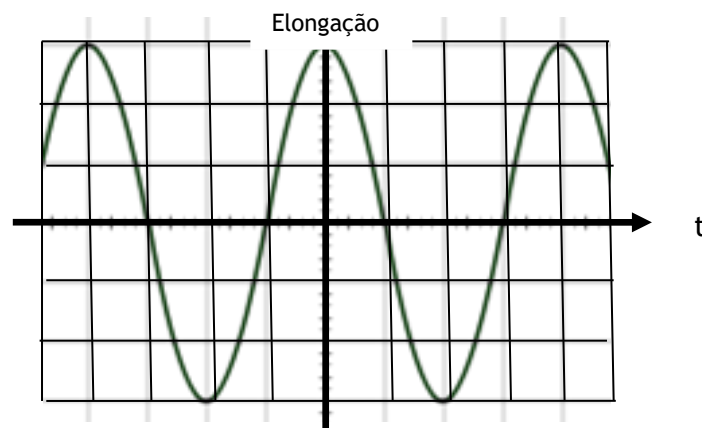


Figura 2

No eixo horizontal, da figura 2, está representada a escala de tempo. Cada divisão (quadrado) corresponde a  $0,10 \text{ ms} = 1,0 \times 10^{-4} \text{ s}$ . Determine a velocidade do som neste exemplo:

Nº de divisões que correspondem a um período: \_\_\_\_\_

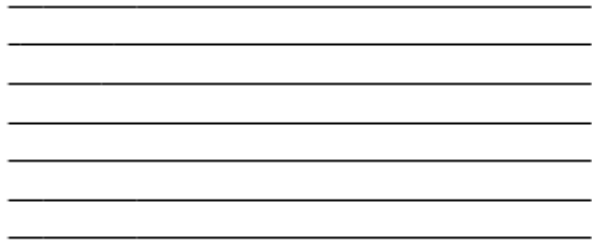
$$\Rightarrow T = \text{_____} \times 1,0 \times 10^{-4} \text{ s} \Leftrightarrow T = \text{_____}$$

$$v = \lambda \times f \Rightarrow v = \lambda \times \frac{1}{T} \Rightarrow v = \text{_____} \times \text{_____} \Leftrightarrow v = \text{_____}$$

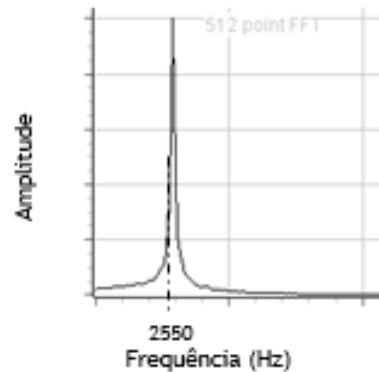
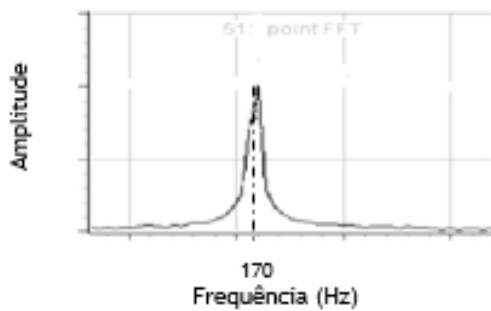
3. Imagine que a vibração detetada no osciloscópio, no ponto 2, passa a propagar-se num sólido. Na figura 3 desenhe (aproximadamente) a representação gráfica que iria obter no osciloscópio e justifique.



Figura 3



4. Um computador pode analisar as vibrações das ondas sonoras. Para a propagação de duas ondas sonoras em diferentes meios, com o mesmo comprimento de onda - 2m, obtiveram-se os seguintes gráficos da intensidade em função da frequência:



Identifique a figura que poderá corresponder à propagação do som no ar? E numa mesa de metal? Justifique com cálculos.

---



---



---



---



---

5. A intensidade de uma onda está relacionada com a quantidade de energia por ela transportada. Numa atividade em que ora se afasta ora se aproxima um microfone de uma fonte sonora, qual dos gráficos poderá representar a situação em que o microfone está mais afastado da fonte sonora? Justifique. (Considere que a escala é a mesma nos dois gráficos)

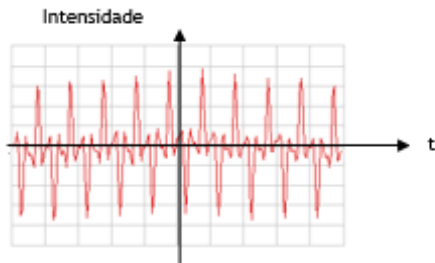


Figura 6

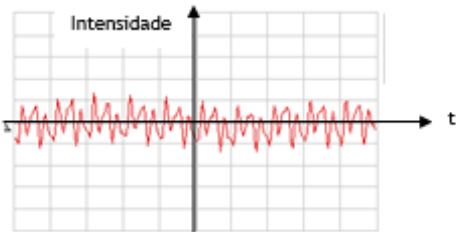


Figura 7

---



---



---



---



---



---

6. Relembre a atividade que fez com a caixa e os elásticos - figura 12. Imagine que colocou um sensor de som (microfone) perto de cada elástico enquanto os dedilhava, e registou, com o programa de computador, utilizado em 4, os gráficos da frequência em função da intensidade:

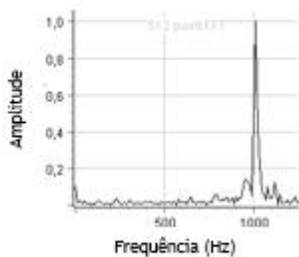


Figura 8

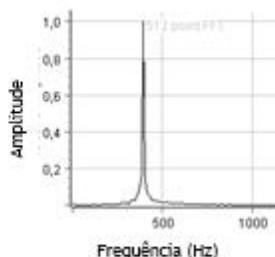


Figura 9

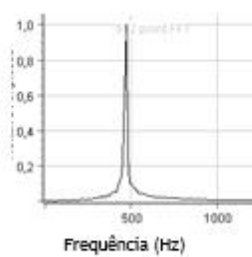


Figura 10

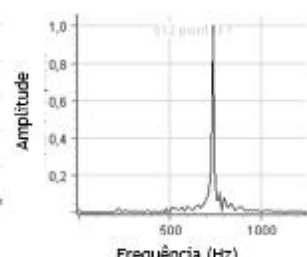


Figura 11

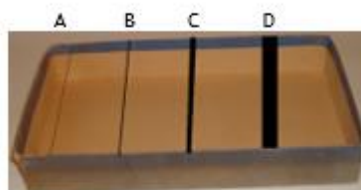


Figura 12

- a) Se o elástico A for o mais fino, e o D o mais grosso, associe cada elástico ao respetivo gráfico. Justifique.

---

---

---

- b) Assinale as opções corretas e **corrija as falsas**:

1. O som representado pela na 8 propaga-se com maior velocidade que o som representado na figura 10.
2. O som provocado pela vibração do elástico mais grosso é o mais forte.
3. O elástico mais fino é o que produz o som que se propaga com maior velocidade.
4. O som representado na figura 9 é mais agudo que o representado na figura 8.
5. A figura 11 representa o som mais grave.

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

7. Numa sala na qual decorre um espetáculo musical, quando o pianista toca 3 notas diferentes em simultâneo (Dó, Ré, Mi - por exemplo) cada espetador ouve:
- i) Todas as notas ao mesmo tempo
  - ii) Primeiro a nota de maior frequência
  - iii) Primeiro a nota de menor frequência
- Selecione a opção correta e justifique.**

---

---

---

Capítulo 3 - Registos de ocorrências

Experiência	Observações acerca da gestão de:		
	Tempo	Recursos	Outras
Mesa A: Slinky (20m)			
Mesa B: Tina de água (20m)			
BLOCO 1: Ondas Mecânicas (45m)			





Experiência	Observações acerca da gestão de:		
	Tempo	Recursos	Outras
BLOCO 3: Produção de ondas mecânicas e de som (45m)	Mesa A: Régua e caixa de cordas (10m)		
	Mesa B: Ondas mecânicas no <b>DC</b> (30m)		

Experiência	Observações acerca da gestão de:		
	Tempo	Recursos	Outras
BLOCO 4: Desafios (45m)			

## Anexo E - Pré Teste do Estudo Inicial e Intermédio

---

Ano: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

Código do Aluno: \_\_\_\_\_

1. O que é para ti uma onda? Dá um exemplo.

---

---

---

2. Imagina que estás à beira de uma piscina e que lá dentro está um relógio à prova de água, com o despertador a tocar.

a) Conseguirás ouvir o som produzido pelo despertador? Porquê?

---

---

---



b) Compara o tempo que o som do despertador demora a percorrer 100m se estiver dentro da piscina e se estiver fora dela.

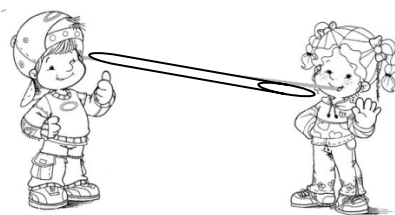
---

---

---

3. Dois amigos, Maria e Miguel, estão a jogar um jogo no qual, sem se aproximar, têm de dizer palavras um ao outro. Como a Maria está com dor de garganta só consegue sussurrar. Para a entender o Miguel pensa num plano.

a) Vai buscar uma mangueira (de regar o jardim) e estica-a para ouvir melhor o que a Maria diz. Imagina que o tubo da figura representa a mangueira. Resultará? Porquê?



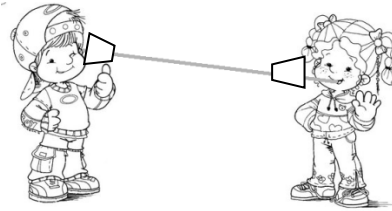
---

---

---

---

- b) Um outro amigo, o Pedro junta-se à brincadeira mas trouxe um telefone, feito com fio encerado e dois copos de plástico. Explica qual a semelhança entre esta situação e a anterior. O meio de propagação é o mesmo?



---

---

---

---

- c) Os índios norte-americanos detetavam a chegada dos inimigos encostando o ouvido aos carris do comboio. Explica porquê.

---

---

---

4. Indica quais as afirmações **falsas e corrige-as**:

- a) Nas mesmas condições, um som grave move-se com uma velocidade diferente de um som agudo.
- b) Num movimento periódico há várias vezes passagem pela posição inicial.
- c) Se alguém ligar um rádio que emite música com um volume muito alto, ela chega até aos teus ouvidos mais depressa que quando o rádio está a tocar a mesma música com um volume muito baixo.
- d) Quando aumentas o volume de um rádio estás a aumentar a amplitude sonora e consequentemente o som tem mais energia.
- e) Som propaga-se mais rapidamente no ar do que em sólidos.

a) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

d) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

e) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Anexo F -Pós Teste do Estudo Inicial e Intermédio

---

Ano: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

Código do Aluno: \_\_\_\_\_

### Grupo A

1. O que é para ti uma onda? Dá um exemplo.

---

---

---

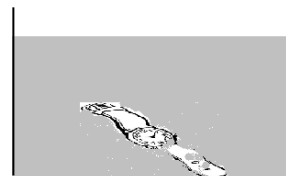
2. Imagina que estás à beira de uma piscina e que lá dentro está um relógio à prova de água, com o despertador a tocar.

- a) Conseguirás ouvir o som produzido pelo despertador? Porquê?

---

---

---



- b) Compara o tempo que o som do despertador demora a percorrer 100m se estiver dentro da piscina e se estiver fora dela.

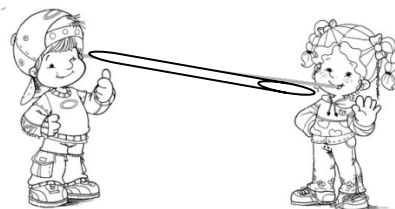
---

---

---

3. Dois amigos, Maria e Miguel, estão a jogar um jogo no qual, sem se aproximar, têm de dizer palavras um ao outro. Como a Maria está com dor de garganta só consegue sussurrar. Para a entender o Miguel pensa num plano.

- a) Vai buscar uma mangueira (de regar o jardim) e estica-a para ouvir melhor o que a Maria diz. Imagina que o tubo da figura representa a mangueira. Resultará? Porquê?



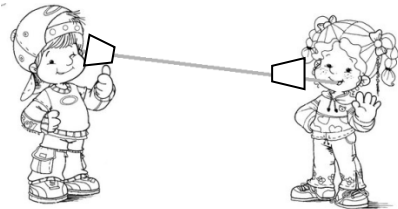
---

---

---

---

- b) Um outro amigo, o Pedro junta-se à brincadeira mas trouxe um telefone, feito com fio encerado e dois copos de plástico. Explica qual a semelhança entre esta situação e a anterior. O meio de propagação é o mesmo?



---

---

---

---

- c) Os índios norte-americanos detetavam a chegada dos inimigos encostando o ouvido aos carris do comboio. Explica porquê.

---

---

---

4. Indica quais as afirmações **falsas e corrige-as**:

- a) Nas mesmas condições, um som grave move-se com uma velocidade diferente de um som agudo.
- b) Num movimento periódico há várias vezes passagem pela posição inicial.
- c) Se alguém ligar um rádio que emite música com um volume muito elevado, ela chega até aos teus ouvidos mais depressa que quando o rádio está a tocar a mesma música com um volume muito pequeno.
- d) Quando aumentas o volume de um rádio estás a aumentar a amplitude sonora e conseqüentemente o som tem mais energia.
- e) Som propaga-se mais rapidamente no ar do que em sólidos.

a) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

d) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

e) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Grupo B:** Neste grupo de questões, deves assinalar a resposta correta e justificar a tua opção.

1. Uma campainha ouve-se a tocar dentro de um balde com sumo e também quando o balde está vazio.

Verdadeira

Falsa

**Justificação:**

- O som propaga-se no ar e nos líquidos.
- O som não se propaga no sumo pois as moléculas não têm espaço para vibrar.
- O som não se propaga no balde com sumo porque o líquido abafa o som.
- O som propaga-se dentro do líquido (no sumo) mas depois não consegue passar para o ar e por isso não se consegue ouvir.
- Outra: \_\_\_\_\_

2. Ao tomares banho de imersão, se bateres com o pé na banheira só consegues ouvir esse som se tiveres a cabeça fora de água.

Verdadeira

Falsa

Justificação: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Uma onda sonora demora 0,2 s a percorrer 50 m pelo ar. Se esta onda sonora for produzida no extremo de uma barra de metal com 50 m, até atingir o outro extremo vai demorar:

Mais tempo

Menos tempo

Igual tempo

Não há propagação

Justificação: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. O Pedro e a Maria estão separados por um objeto de ferro de 1 m de comprimento - na figura 1 por um cubo e na figura 2 por um cilindro. O Pedro faz um som, batendo com o dedo no ferro e a Maria tenta ouvir do outro lado. Conseguirá nas duas situações?

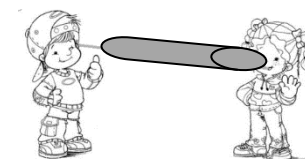
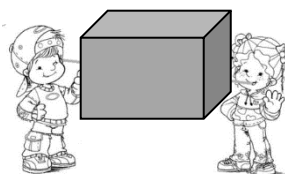


Figura 1 - Pedro e Maria separados por um cubo.

Figura 2 - Pedro e Maria separados por um cilindro.

Sim

Apenas na figura 1

Apenas na figura 2

Não

**Justificação:**

- Ouve-se igualmente bem em ambas as situações porque a propagação das ondas sonoras é sempre no mesmo meio (sólido).
- Em nenhuma das situações se consegue ouvir o som.
- Ouve-se melhor através da barra porque o som se propaga apenas numa direção.
- Ouve-se melhor através do cubo porque o som tem muitas direções por onde se propagar.
- Outra: \_\_\_\_\_



### Grupo C

Classifica as afirmações (de A a F) de acordo com a chave:

- 1 Discordo totalmente
- 2 Discordo um pouco
- 3 Nem concordo nem discordo
- 4 Concordo um pouco
- 5 Concordo totalmente

A. Gosto de ver programas de TV sobre a ciência.

1                      2                      3

B. Gosto de ler artigos sobre a ciência em jornais e revistas.

1                      2                      3                      4                      5

C. Gosto das aulas de ciência e das experiências de ciência na escola.

1                      2                      3                      4                      5

D. Agrada-me o conhecimento científico.

1                      2                      3                      4                      5

E. De todas as disciplinas de ciências, a física é a que mais gosto.

1                      2                      3                      4                      5

F. Gostei das experiências que fiz nas aulas de Física sobre o som.

1                      2                      3                      4                      5

### Grupo D

A. Idade: \_\_\_\_\_

B. Género:

M  F

C. Já reprovaste algum ano? Se sim, qual? \_\_\_\_\_

D. Habilitações académicas do Encarregado de Educação:

Não frequentou escola  Até ao 4º ano  Até ao 6º ano  Até ao 9º ano   
Até ao 12º ano  Bacharelato/Licenciatura  Mestrado ou Doutoramento

E. Profissão do Encarregado de Educação: \_\_\_\_\_

F. Sabes tocar algum instrumento?

Sim  Não

G. Como aprendeste?

Por mim próprio  Numa escola  Outro: \_\_\_\_\_

H. Qual a tua disciplina favorita? \_\_\_\_\_

I. Pensas continuar os estudos em que área?

Científico-Humanística  Artística  Profissional  Tecnológica

J. Quanto às aulas de Física sobre o som, indica:

1. O que mais gostaste.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. O que mudarias.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Anexo G - Guião das atividades do Estudo Intermédio e Final**

---

**Experiências 8º ano**

Este trabalho pretende tornar a realização de atividades laboratoriais de Física, no 8º ano do Ensino Básico, potenciadoras de um desenvolvimento de competências cognitivas, de autonomia, atitudinais e processuais.

Aspira-se compreender e melhorar o modo de executar e orientar as atividades laboratoriais de Física para que, através da sua realização, se alcance uma maior aquisição de competências adequadas ao nível etário. Acredita-se que será possível estimular o interesse dos alunos pela aprendizagem da Física se as atividades laboratoriais forem coerentemente orientadas, segundo o nível letivo e conceptual em causa.

A metodologia proposta deverá criar nos alunos uma estrutura, de compreensão dos conceitos, fundamental para a progressão de estudos e permitir uma ligação entre eles. Esta construção que se pretende iniciar no 8º ano não é definitiva, antes pelo contrário é um início de um novo desenvolvimento cognitivo. Espera-se construir bases com utilidade para que possam ser reformadas ao longo do desenvolvimento cognitivo do aluno.

De acordo com a taxonomia de Bloom, existem 2 níveis de complexidade, no domínio cognitivo, antes da aplicação: 1º é o conhecimento e o 2º a compreensão. É necessário que estes níveis sejam alcançados antes da aplicação desta metodologia. Nestes níveis iniciais a linguagem tem um papel principal: é vital que os conceitos sejam perceptíveis para os alunos. O papel do professor é fornecer os conteúdos necessários para que os alunos possam explorar cada atividade, através de uma linguagem clara e se possível recorrendo a situações do dia-a-dia. Por exemplo, ao referir a frequência de uma onda os alunos podem ser recordados para a noção de repetição “com que frequência bebes leite? com que frequência estudas?”. A construção dos novos conteúdos deve ter em conta os conteúdos anteriores de modo a não entrarem em conflito, pois é vulgar os alunos comentarem “*em Física frequência é o inverso do período e em casa frequência é o número de vezes com que faço uma atividade*”.

Durante a aplicação das atividades o papel do professor é o de orientador e observador. Na fase seguinte, igualmente importante, o professor deverá refletir sobre os sinais, positivos e negativos, que detetou durante a aula e também sobre o que verificou no preenchimento que os alunos realizaram das fichas que acompanham cada atividade. É importante que esse feedback seja fornecido à turma para que em cada nova atividade estejam num nível conceptual mais avançado do que na fase anterior.

O professor tem, nesta proposta, uma forte componente reflexiva e o seu envolvimento é fundamental para o seu sucesso. Ao questionar-se e questionar os contextos de aprendizagem e as suas práticas, em ciclos de reflexão-ação-reflexão permanente e sistemática, está a processar a recolha e produção de informação válida para basear as estratégias de ensino que irá desenvolver e de aprendizagem que irá fomentar, validando, ou não, a metodologia proposta.

## Capítulo 1 - Indicações para professores

### 1 - Considerações gerais

As atividades laboratoriais propostas neste documento são sobre o Som e estão adequadas às Orientações Curriculares e às Metas de Aprendizagem. O público-alvo são os alunos do 8º ano, com o objetivo de potencializar competências associadas a uma atitude de *Inquiry* na aprendizagem da Física. Com esta metodologia pretende-se tornar a realização destas atividades laboratoriais potenciadoras de um desenvolvimento de competências cognitivas, atitudinais e processuais, estimulando nos alunos a motivação e a autonomia na realização de atividades, a criatividade, e conduzindo-os à procura de respostas, fomentando a vontade de aprender.

As estratégias adotadas na realização destas atividades têm como objetivo a criação de um espírito de *inquiry* nos alunos, que potenciará a capacidade de pensar, de analisar informações em linguagens científicas diversas (tabelas, gráficos, textos, etc.) e a racionalidade (justificação de escolhas ou de opções). A realização das atividades em grupo, com tempo definido e com a responsabilidade de avançarem para a atividade seguinte - sistema de estações experimentais - potencia o discurso e a discussão. Acredita-se que estes são ingredientes fundamentais para aumentar o pensamento do aluno e para reunir os aspetos cognitivo e social da aprendizagem. Pretende-se comprovar o maior envolvimento dos alunos no decorrer da aula e o melhoramento de competências de comunicação e de raciocínio.

A aplicação desta metodologia deverá potenciar novas competências e, nesse sentido, é importante que os alunos a executem durante períodos específicos de tempo, simplificando inicialmente a tarefa.

A metodologia proposta reconhece e valoriza a importância do conhecimento anterior e envolve os alunos no processo de investigação científica. Por este motivo, e neste nível letivo, qualquer das atividades propostas só deve ser realizada após a leção dos conteúdos científicos necessários à sua compreensão.

Para cada atividade existe um documento de apoio aos alunos que fornece as informações para a sua realização e que se baseia, alternadamente, em perguntas e indicações. Os alunos devem interpretá-lo e ir realizando as tarefas “degrau a degrau” como se estivessem a subir uma escada.

Sem consciência dos resultados, a prática tem pouco valor para os alunos. É importante que lhes seja fornecido um feedback significativo e conhecimento dos resultados obtidos, tão cedo quanto possível. Assim propõe-se que o professor apresente, de preferência na aula seguinte, ou tão cedo quanto possível, um resumo dos aspetos importantes alcançados com a

resolução das fichas que acompanham a realização das atividades que os alunos deverão escrever no caderno diário.

De salientar que as fichas que acompanham as atividades, ainda que contenham questões, não são instrumentos de avaliação. Pretendem ser um reforço e uma aplicação da aprendizagem alcançada, potenciando a compreensão profunda e a motivação intrínseca de cada aluno perante os desafios.

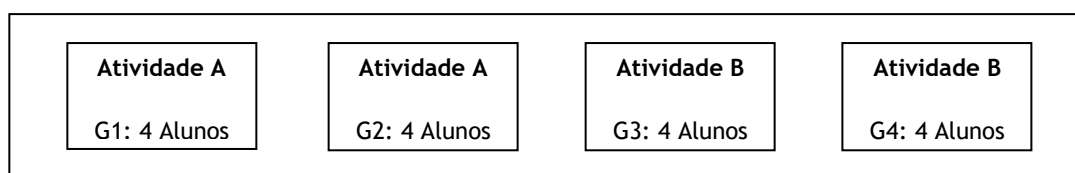
## 2 - Fatores a ter em conta ANTES da realização das atividades

As atividades laboratoriais propostas estão preparadas de acordo com uma organização rotativa - estações experimentais. Assim, em simultâneo decorrerão duas atividades diferentes, com o mesmo tempo de realização. Este sistema não se verifica no Bloco 3, no qual todos os alunos fazem a mesma atividade em simultâneo, uma vez que cada uma das atividades tem tempos diferentes: a primeira deve ser realizada em 10 min e a última em 30 minutos.

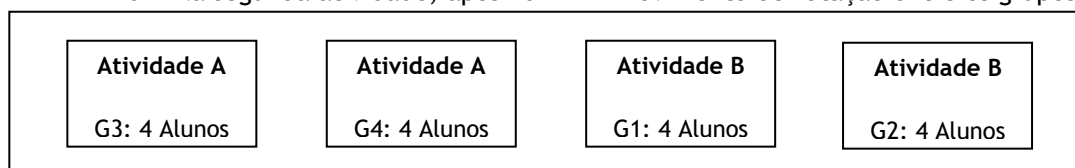
Todas as atividades devem ser realizadas em grupos - no máximo de 4 alunos em cada - e de acordo com o número de alunos a mesma atividade pode ser duplicada ou até triplicada.

Exemplo: Aula do Bloco 1 - Atividade A e B, turma de 16 alunos dividida em 4 grupos:

- Na primeira atividade:



- Na segunda atividade, após 20 min - movimento de rotação entre os grupos:



Cada bloco incide sobre um tema específico com atividades que correspondem a subtemas diferentes. A realização das atividades deve ser gerida para o tempo disponível (indicado em cada ficha de trabalho) e é importante que os alunos sejam informados que têm um determinado tempo para realizar cada atividade, após o qual mudam para a próxima atividade, independentemente de a terem ou não terminado (como se de um jogo de tratasse).

O professor deve fornecer algumas dicas aos alunos: se o grupo for de 4 alunos (tamanho ideal), podem definir entre eles dois alunos como os “executantes” e outros dois alunos como os “relatores”. Todos devem discutir a atividade e os resultados entre si, mas só alguns elementos executam enquanto os outros elementos vão escrevendo as respostas. As questões vão surgindo ao longo da atividade e, por vezes, para que os alunos cheguem às respostas têm que cumprir determinada tarefa - trabalho simultâneo entre realização e reflexão/respostas.

Muitos estudos defendem que a realização de tarefas em condições cooperativas aumenta a motivação para as completar, desenvolve uma relação positiva entre os membros do grupo e desenvolve um processo de comunicação amplamente efetivo que tende a promover uma maximização da criação de ideias e uma maior influência mútua.

É importante que os alunos estejam familiarizados com as especificidades da metodologia proposta antes da primeira aula para que o tempo disponível seja utilizado unicamente para a realização e compreensão das atividades e não para a organização da estrutura. Deste modo, estas informações gerais devem ser apresentadas aos alunos na aula que preceder a primeira atividade laboratorial. Os grupos devem ser definidos antes da aula laboratorial e devem manter essa estrutura ao longo de todas as restantes aulas laboratoriais.

Aos alunos devem ser fornecidas as instruções suficientes: os objetivos e o contexto da metodologia, o local em que cada grupo iniciará as atividades, o tempo que têm para a realização das tarefas, as instruções para o preenchimento das fichas de apoio às atividades e o papel de cada aluno dentro do grupo. Nesta faixa etária a autonomia dos alunos é limitada, assim como a capacidade de gerir os recursos, pelo que a apresentação de todas as informações aos alunos é determinante para o sucesso das atividades.

As fichas de apoio às atividades devem ser entregues aos alunos no início da aula em que vão realizá-las - sobre cada mesa deverá estar colocado um exemplar. Cada grupo deve ter a sua ficha e devolve-la ao professor no fim da atividade, mesmo que não a tenha terminado. É importante que o professor indique, na sua ficha de registo de ocorrências, se o tempo foi suficiente para esse grupo de alunos nessa atividade.

## **BLOCO 1: Ondas Mecânicas**

Antes dos alunos chegarem à sala o professor deve ter uma Slinky em cima de cada mesa onde irá decorrer a atividade A, do Bloco 1, com um pedaço de fita isoladora colorida numa das espiras (sensivelmente a meio da Slinky).

Em relação à atividade B, deverá estar em cima de cada mesa uma tina com uma pequena quantidade de água (cerca de 2 cm de profundidade), 1 lápis e 1 palito. No caso de a escola não ter uma tina de água esta pode ser facilmente substituída por um recipiente de vidro, um alguidar ou uma “tupperware”. É importante que seja relativamente comprida (pelo menos 50 cm) para que os alunos possam ver a propagação das ondas e a relação entre amplitude e a distância à perturbação inicial. Se o recipiente for transparente pode colocar-se em cima de um retroprojektor e os alunos conseguem ver melhor os resultados, mas se tal não for possível funciona igualmente bem com um recipiente opaco, como um alguidar.

## **BLOCO 2: Propagação do som em meios diferentes**

Para a atividade A deste bloco, é necessário que o professor assegure que em cada mesa estará uma mangueira (de regar o jardim, por exemplo) ou um tubo longo de plástico.

Para a atividade B são necessárias duas colheres de metal mas com os cabos em plástico (ou madeira) e um recipiente fundo com água, um “cachimbo sonoro”, uma “membrana” e uma fonte sonora (basta um rádio comum).

## **BLOCO 3: Produção de ondas mecânicas e de som**

Para a atividade A são necessários elásticos de espessuras diferentes, uma régua e uma caixa de cartão (uma caixa de sapatos, por exemplo). Os elásticos têm de poder ser colocados à volta da caixa.

Na atividade B cada grupo necessita de um computador com ligação à internet - no caso de não ser possível ter estes requisitos na sala de aula, os alunos podem fazer estas atividades na sala de estudo ou biblioteca. Apenas precisam levar consigo o documento de apoio à realização da atividade. O professor deve assegurar que cada computador utilizado tem no seu ambiente de trabalho um documento word com os links necessários, de modo a que o aluno apenas tenha de clicar no link e não escrevê-lo na barra de endereços.

## **BLOCO 4: Desafios**

Todos os grupos de alunos deverão resolver a ficha de trabalho que contempla os assuntos abordados durante as atividades laboratoriais, sem consulta dos manuais.

### 3 - Objetivos das atividades

Antes da realização das atividades de cada bloco o professor deve lecionar os conteúdos necessários, com a metodologia que habitualmente utiliza - exposição, discussão, instrução direta ou outra. Estas atividades são propostas como uma **aplicação** de conteúdos que já foram transmitidos aos alunos, permitindo o desenvolvimento de competências de pensamento mais efetivas e que possam ser transmitidas nas aprendizagens seguintes. Pretende-se que os alunos consigam realizar ligações lógicas entre evidências e explicações científicas. Durante a realização das atividades o papel do professor é o de ajudar os alunos da transição de um contexto de turma para equipas de aprendizagem e ajudá-los à medida que executam o trabalho - o professor modifica o seu papel de figura principal.

Os conteúdos que se indicam como prévios à realização das atividades irão fornecer aos alunos as bases necessárias para construir a sua aprendizagem, através da metodologia proposta, alargando o contexto e permitindo que tenham as ferramentas indispensáveis para a resolução dos problemas. A realização das atividades sem que tenha sido fornecido aos alunos uma estrutura conceptual que saliente as ligações entre fenómenos e leis poderá provocar desmotivação - é essencial que alcancem um determinado nível de satisfação intelectual nas atividades que realizam.

#### 3.1 BLOCO 1: Ondas Mecânicas (90 min)

a) Conteúdos necessários à realização destas atividades:

- uma vibração é o movimento repetitivo de um corpo, ou parte dele, em torno de uma posição de equilíbrio;
- uma onda resulta da propagação de uma vibração;
- direções de propagação das perturbações;
- grandezas físicas que caracterizam uma onda: amplitude de vibração, frequência (igual à frequência da fonte que origina a vibração), período e velocidade de propagação;
- conhecer e identificar os fenómenos de reflexão, absorção e refração

b) Conteúdos que se pretendem atingir com as atividades:

- as ondas mecânicas têm origem numa perturbação efetuada num meio elástico;
- há uma velocidade de propagação das perturbações (velocidade da onda);



- se as perturbações forem repetidas periodicamente e o meio for razoavelmente elástico, elas provocam movimentos ondulatórios periódicos;
- há meios de propagação lineares, superficiais e tridimensionais;
- as partículas do meio elástico movem-se mas voltam sempre a passar à posição inicial (oscilam em torno de posições de equilíbrio no caso das ondas periódicas);
- as perturbações periódicas num meio elástico dão origem a oscilações com amplitude, frequência e período, em todos os pontos do meio;
- o conjunto de oscilações do meio constitui uma onda com amplitude, frequência, período e comprimento de onda;
- quando se propaga uma onda, não há transporte de matéria através do meio mas apenas de energia (envolvida nos movimentos dos pontos do meio);
- as ondas podem sofrer reflexão se encontrarem um meio com propriedades diferentes.

#### Mesa A: Slinky (40 min)

Com esta atividade pretende-se mostrar exemplos de ondas mecânicas que se propagam apenas segundo uma direção, ilustrando:

- o que são perturbações; como se propagam num meio elástico; o que são ondas periódicas; que numa propagação num meio elástico apenas numa direção, a amplitude de oscilação de todos os seus constituintes é a mesma; que numa onda mecânica não há propagação de matéria; que numa onda mecânica há propagação de energia; as perturbações e a sua propagação num meio podem ter a mesma direção ( $//$ ) ou direções perpendiculares ( $\perp$ ) e em função disso as ondas têm denominações diferentes (longitudinais ou transversais).

#### Mesa B: Tina de água (40 min)

Com a tina de água pretende-se dar um exemplo de ondas mecânicas a propagar-se em todas as direções sobre um plano, à superfície da água. Pode verificar-se que também neste caso:

- as ondas têm origem numa perturbação num meio elástico; provocam alterações da posição de cada ponto do meio, em torno sempre da mesma posição média por isso não existe transporte de matéria (o que é facilitado pela visualização de um objeto que flutua na água); transportam energia; a repetição periódica da perturbação origina ondas periódicas. Ilustra-se também a noção de comprimento de onda. Verifica-se que, sendo a propagação sobre um plano, a amplitude de vibração dos pontos mais afastados da perturbação inicial é menor, o que se explica pela distribuição da energia da perturbação inicial cada vez por mais pontos do meio. Permitirá inferir o que se passará a três dimensões.

### 3.2 BLOCO 2: Propagação do som em meios diferentes (90 min)

a) Conteúdos necessários à realização destas atividades:

- o som resulta da propagação de uma vibração;
- o som propaga-se em sólidos, líquidos e gases com a mesma frequência da respetiva fonte sonora, mas não se propaga no vácuo.
- na propagação do som, as camadas de ar não se deslocam ao longo do meio, apenas transferem energia de umas para outras.;
- associar a velocidade do som num dado material com a rapidez com que ele se propaga, interpretando o seu significado através da expressão  $v=d/\Delta t$ ;
- interpretar tabelas de velocidade do som em diversos materiais;
- caracterizar intensidade, a altura e o timbre de um som;
- relacionar a intensidade de um som no ar com a amplitude da vibração.

b) Conteúdos que se pretendem atingir com as atividades

Neste Bloco pretende-se que os alunos percebam que o som:

- tem origem numa vibração do meio;
- é uma onda mecânica que se propaga em meios materiais;
- pode ser caracterizado por uma frequência e uma intensidade (amplitude, energia);
- propaga-se no ar em todas as direções com velocidade elevada (muito superior à dos movimentos vulgarmente observados no dia-a-dia);
- em condições vulgares propaga-se em todas as direções, mas pode ser “canalizado”, ou seja, pode forçar-se a sua propagação apenas numa direção;
- quando se propaga livremente em todas as direções a sua intensidade diminui com a distância à perturbação inicial;
- quando se propaga apenas numa direção, a sua intensidade mantém-se constante;
- propaga-se na água;
- propaga-se nos sólidos;
- ao propagar-se em diferentes meios pode ter características diferentes;
- resulta da propagação de ondas mecânicas;
- tem origem numa vibração.

#### Mesa A: “Palmas” e Mangueira (40 min)

Com a atividade das “palmas” acredita-se que os alunos possam perceber que o som resulta de uma vibração que se propaga em todas as direções (onda tridimensional). Usando a mangueira mostra-se que quando o som se propaga apenas numa direção a sua intensidade permanece constante (relacionar com a atividade da Slinky). É importante para que os alunos percebam que “ouvir-se melhor” depende da propagação ser a uma dimensão, pois na mangueira o meio de propagação continua a ser o mesmo - o ar.

#### Mesa B: “Cachimbo sonoro”, água e madeira (40 min)

O “cachimbo sonoro”, construído com materiais do cotidiano, permitirá que os alunos sintam (ouçam) mais uma vez que o som resulta de uma vibração que se propaga, neste caso, no ar. Irão constatar que o comportamento da cortiça (resultado das oscilações dos pequenos pedaços) muda em função do tipo de som que é emitido pela fonte sonora - frequências diferentes dão origem a vibrações diferentes.

Em relação à propagação do som no líquido, o aluno verifica que produzindo um som dentro de água, consegue ouvi-lo do lado de fora. Entenderá que o som passou pela água e pelo ar (propagando-se nos dois meios).

Quando o aluno raspa com a unha na mesa o colega que está na outra ponta não ouve o som, mas quando encosta o ouvido na mesa já ouve. Então o aluno deve perceber com esta atividade que o som também se propaga em sólidos e com especificidades diferentes, uma vez que no ar (3D) o som não chegou até si e na mesa (2D) já chegou - mesma distância.

### **BLOCO 3: Produção de ondas mecânicas e de som (90 min)**

a) Conteúdos necessários à realização destas atividades, de acordo com as Metas de Aprendizagem:

- o som resulta da propagação de uma vibração;
- distinguir sons de frequência diferente: sons agudos e graves

Mesa A: Régua e caixa de cordas (30 min) - todos os grupos em simultâneo

A régua mostra que a vibração provocada se propaga às moléculas do ar, que começam a vibrar e ouve-se o som quando as vibrações do ar atingem os nossos ouvidos. É importante que os alunos concluam que quanto menor for a porção da régua para fora da mesa, maior será a frequência da vibração e mais agudo será o som produzido. Além disso, podem correlacionar a amplitude de vibração da régua com a intensidade sonora produzida. A caixa de cordas possibilitará a analogia com os instrumentos de cordas, nos quais quanto mais curta, mais fina e mais tensa estiver a corda, mais elevada será a sua frequência e, conseqüentemente, mais agudo será o som produzido.

Mesa B: Ondas mecânicas no pc (60 min) - todos os grupos em simultâneo

Com os simuladores pretende-se verificar os conceitos anteriormente abordados em atividades práticas, agora em situações simuladas. Utilizam-se exemplos de ondas mecânicas, sugere-se aos alunos que distingam onda longitudinal de transversal, e que explorem os efeitos das alterações induzidas na frequência e amplitude numa onda através de representações gráficas.

**BLOCO 4:Desafios (45 min)**

Nesta parte final são lançados alguns desafios aos alunos que resumem conceitos abordados durante todas as atividades anteriores e exploram-se as representações gráficas das vibrações. Pretende-se verificar a presença ou não de algumas das pré-concepções mais comuns sobre o tema, analisadas no pré-teste:

- o som só se propaga no ar;
- a intensidade e a frequência do som são propriedades idênticas;
- a velocidade e a frequência do som são propriedades idênticas;
- a propagação de uma onda implica transporte de matéria;
- um som pode acontecer sem uma vibração;
- no mesmo meio a velocidade do som pode ser diferente, em função da frequência.

# BLOCO 1

## *Ondas Mecânicas*

## A. Slinky (40 min)

### Material:

1 mola Slinky com um pedaço de fita isoladora colorida

1 mesa



### Procedimento:

1. Tal como na figura 1, um aluno deve deslocar-se para uma ponta da mesa, posição A, e segurar a Slinky numa extremidade. Durante toda a atividade deve manter a extremidade da mola fixa.
2. Outro aluno deve colocar-se na outra ponta da mesa e esticar a Slinky pela extremidade até estar esticada - posição B.

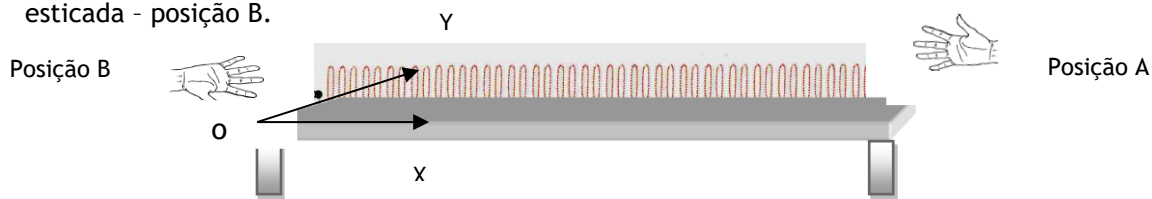


Figura 1

3. Reproduza a figura 2, induzindo uma perturbação na mola e fazendo-a oscilar para a sua direita e voltar à posição inicial.

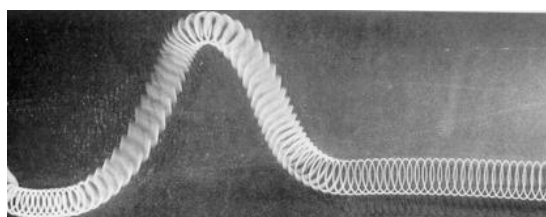


Figura 2 - ondas I.

5. Reproduza a figura 3 produzindo outra perturbação apertando um certo número de espiras e largando-as rapidamente.

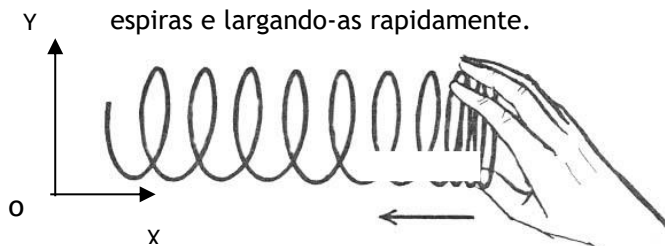


Figura 3 - ondas II.

4. Observe o movimento produzido.
6. Observe o movimento produzido.
7. Suponha que o comprimento da mola ( $\Delta x$ ) é de 2 m e que o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) que a perturbação, originada em B, leva a chegar até A, é 2 s. Calcule a velocidade de propagação da onda. (NOTA: esta alínea pode ser substituída pelo cálculo com medições realizadas pelos alunos)

8. No início, com a Slinky parada, todas as espiras da mola estão nas mesmas condições. Caracterize a direção do movimento provocado nas primeiras espiras e a direção da sua propagação no meio, tendo em conta as linhas ox e oy indicadas no sistema de eixos. Complete a tabela:

Procedimento	Direção da <u>Perturbação</u> (movimento de cada espira)	Direção da <u>Propagação</u>	As duas direções são:	
			Perpendiculares	Paralelas
I - Ondas I				
II - Ondas II				

9. Se no procedimento 3, em vez de executar o movimento para a direita, o fizer para a esquerda, qual a direção de perturbação? E a direção da propagação?

\_\_\_\_\_

Experimente para confirmar a sua resposta.

10. Sabendo que nas ondas longitudinais a perturbação tem a mesma direção da propagação e que nas ondas transversais as direções são perpendiculares, como classifica as ondas criadas em 3 e 5, ondas I e II, respetivamente?

Ondas I: \_\_\_\_\_ Ondas II: \_\_\_\_\_

11. Leia a questão 11.1. e 11.2 e para responder volte a executar os passos 3 e 5 (escolha a opção correta)



11.1 Durante a atividade experimental o que aconteceu à fita colorida?

- d. Mudou de espira.
- e. Moveu-se sem nunca mudar de espira.
- f. A sua posição não sofreu alterações durante toda a atividade.

11.2 A onda que foi criada na mola propagou-se porque:

- d. As espiras iniciais se deslocaram para o fim da mola.
- e. O movimento inicial saltou para o fim da mola.
- f. A vibração inicial se propagou sucessivamente a todas as espiras da mola.

12. Na coluna K desenhe, com setas, as direções de perturbação e propagação das ondas representadas na coluna L. Em seguida, faça a correspondência entre a coluna L e M:

Coluna K - Direção de:		Coluna L	Coluna M	
Perturbação: ____	Propagação: ____		.	.
Perturbação: ____	Propagação: ____		.	.
				Onda transversal
				Onda longitudinal

13. Todas as espiras da mola entram em movimento ao mesmo tempo? Sim ou não? Explique a sua resposta.

\_\_\_\_\_

Aluno: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Experiência: \_\_\_\_\_

## B. Tina de água (40 min)

### Material:

1 lápis

1 tina com água

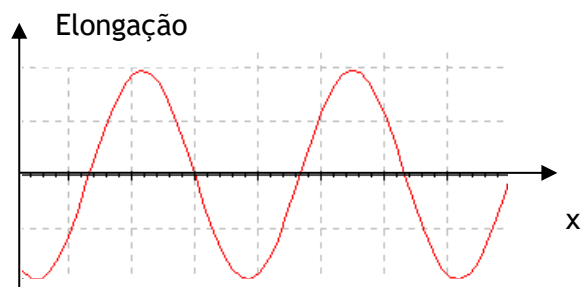


1. Provoque uma perturbação ao tocar com a ponta do lápis na água, repetindo esse movimento algumas vezes. O que observa? Faça um esquema (desenho) e descreva.



2. Indique na figura 1, a grandeza física **amplitude**:

Figura 1



3. Como varia, com a distância, a amplitude da onda gerada na superfície? Volte a repetir a atividade para responder (tome atenção aos pontos do meio mais perto da perturbação inicial e aos pontos mais afastados).

---

---

---

4. Num movimento ondulatório existe sempre uma perturbação que deu origem à onda (um emissor que vibra) e um meio no qual ele se propaga. Identifique estes elementos na atividade.

Emissor: \_\_\_\_\_

Meio: \_\_\_\_\_



5. Desenhe na figura 2, a grandeza física **comprimento de onda**:

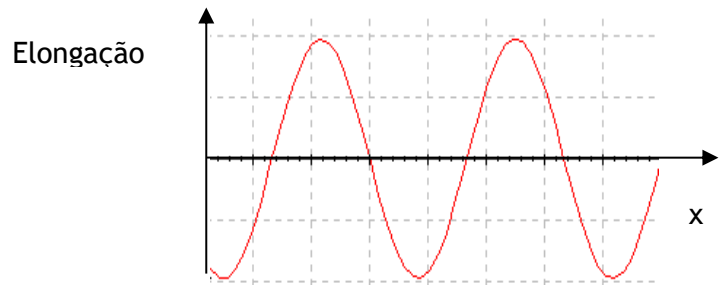


Figura 2

6. Agora, repita o procedimento realizado em 1, mas, para o mesmo intervalo de tempo, aumente o número de vezes que toca com a ponta do lápis na água. Quais as características da onda (grandezas físicas) que sofreram alterações?

---

---

---

7. Coloque um pedacinho de palito um pouco afastado da parede da tina e verifique que fica a flutuar. Volte a perturbar o meio, com o lápis. O que aconteceu ao pedaço de palito? Sofreu algum deslocamento lateral?

---

---

---

8. “A propagação de uma onda não envolve transporte de matéria”. Esta afirmação é verdadeira ou falsa? Utilize os resultados obtidos no ponto 7 para justificar.

---

---

---

9. “A amplitude da onda à superfície da água vai diminuindo à medida que esta se afasta do ponto no qual se efetuou a perturbação inicial.” Comente a afirmação, relacionando a amplitude com a energia da onda.

---

## BLOCO 2

# *Propagação do som em meios diferentes*

Aluno: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Experiência: \_\_\_\_\_

## A. "Palmas" e Mangueira (40 min)

**Material:**

1 mangueira ou um tubo longo



Tendo em conta tudo o que já aprendeu sobre o som, interprete e explique as seguintes questões.

1. O som é uma onda mecânica e como tal é produzido por uma perturbação que se propaga num meio. Suponha que o João bate palmas numa sala em que está o António. Indique:

A perturbação: \_\_\_\_\_

O meio que vibra: \_\_\_\_\_

O recetor: \_\_\_\_\_

2. Imagine que quatro alunos estão organizados, em pé, de acordo com a figura 1.

O aluno D está de costas para os colegas. Um destes 3 colegas (A, B ou C) bate palmas. O aluno D tenta identificar qual dos 3 colegas bateu palmas. Conseguirá? Justifique.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

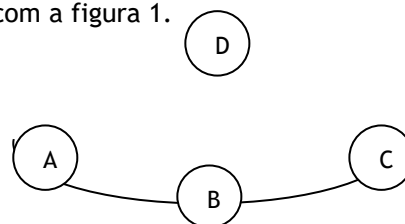


Figura 1

3. Os alunos resolveram mudar as condições da experiência: o aluno A deita-se no chão, aluno B sobe para cima de um escadote e o aluno C mantém-se de pé. Se o aluno D bater palmas, todos os outros alunos vão ouvir? Explique porquê.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Selecione um colega que tenha um relógio de pulso com ponteiros dos segundos. Peça-lhe que se afaste 1m. Conseguir ouvir o "tic-tact" do relógio? Agora aproxime-se do colega e encoste o relógio dele ao seu ouvido (não deve existir barulho na sala). O que mudou? Explique, analisando o que acontece em cada um dos casos com a intensidade do som (relacione com a atividade que fez com a tina de água).

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Utilize a mangueira (ou o tubo) que está em cima da mesa. O aluno que tem o relógio de pulso, utilizado em 4, deve encostá-lo a uma ponta da mangueira. Encoste o ouvido na outra ponta da mangueira. O que verifica? Consegue ouvir o som do “tic-tac” do mesmo modo, com o ouvido encostado ou afastado da mangueira? Justifique.

---

---

---

---

6. *“O som é uma onda que se propaga em todas as direções (no ar, em condições gerais, a propagação é tridimensional - x,y e z). Se a propagação acontecer apenas numa direção, a energia sonora permanece a mesma durante essa propagação.”* Comente a afirmação, tendo em conta a atividade que realizou.

---

---

---

---

7. Imagine que o João está na janela de casa e quer falar com a Ana, que está na janela da casa em frente à sua, mas não a consegue ouvir porque a distância não o permite. Indique:

a) A fonte sonora, o recetor e o meio de propagação.

---

---

b) *“Quando a onda sonora sai pela boca do João tem uma velocidade diferente de quando chega ao ouvido da Ana”*. Esta afirmação é verdadeira ou falsa? Justifique.

---

---

---

c) Neste caso, qual a característica da onda que varia com a distância? Explique.

---

---

## B. "Cachimbo sonoro", água e madeira (40 min)

### Material:

- |              |  |
|--------------|--|
| 1 "cachimbo" | 2 colheres de metal com cabos de madeira |
| 1 "membrana" | 1 coluna ligada a uma fonte              |



1. Usando o cachimbo, grite a vogal "i" sobretubo com uma "voz aguda". O que aconteceu à cortiça que estava em cima da membrana? Agora tente fazer uma "voz grave" e pronuncie a vogal "o". Mudou alguma coisa?

---

---

2. Ligue a fonte sonora e coloque a "membrana" em cima da coluna. Explique o que acontece quando:

c) Altera o volume.

---

---

d) Muda a frequência.

---

---

3. "O cachimbo e a membrana permitiram detetar com os olhos (ver) o que habitualmente apenas se deteta com os ouvidos (ouve)" - comente a afirmação.

---

---

---



Figura 1

5. Coloque as 2 colheres no recipiente com água, de modo a que toda a parte metálica esteja submersa - figura 1. Bata com as colheres uma na outra.

a) Consegue ouvir o som produzido por essa perturbação?

---

---

b) Qual o meio, ou quais os meios, em que se está a propagar a onda sonora?

---

c) Uma onda sonora demora mais tempo a percorrer 100 m quando se propaga ar do que quando se propaga na água. O que pode concluir sobre a velocidade de propagação sonora na água em relação ao ar?

---

---

6. Um aluno do vosso grupo deve sentar-se de um lado da mesa e outro aluno do outro lado. Um dos alunos raspa levemente com a unha na mesa. O aluno do outro lado da mesa consegue ouvir o som que o colega produziu? Justifique.

---

---

7. Peça agora ao seu colega que encoste o ouvido à mesa. Volte a raspar levemente com a unha na mesa. O que mudou? Justifique.

---

---

8. Na situação 7, qual o meio em que se está a propagar a onda sonora?

---

9. Assinale as opções **falsas** e **corrija-as**:

- a) O som propaga-se no ar e na água mas não na madeira.
- b) O som propaga-se no ar, na água e na madeira.
- c) De acordo com a informação dada na tabela 1, a onda sonora demora mais tempo a percorrer a mesma distância quando se propaga no metal do que quando se propaga no ar.

---

---

Velocidade do som	
Ar	Metal
340 m/s	5100 m/s

Tabela 1

## **BLOCO 3**

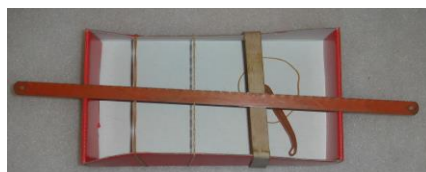
# ***Produção de ondas mecânicas e de som***

Aluno: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Experiência: \_\_\_\_\_

## B. Régua e caixa de cordas (30 min)

### Material:

1 caixa de cartão;                      1 elástico grosso  
3 elásticos finos:                      1 régua



1. Prenda uma parte da régua na mesa, com uma mão. Com a outra mão bata na parte da régua que ficou fora da mesa. Explique o que acontece.

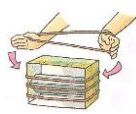
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Vá variando a parte da régua que ficou de fora da mesa e ouvindo a diferença de sons que produz. Existe relação entre o comprimento da régua e a frequência do som produzido? Qual?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Coloque os três elásticos iguais à volta caixa.  Peça a um colega que segure bem a caixa contra a mesa, com uma mão. Dedilhe os elásticos, como se estivesse a tocar um instrumento de cordas. Todos os elásticos dão origem a sons iguais?

\_\_\_\_\_

4. Coloque um dedo a meio de um elástico, puxe-o a partir desse sítio para a lateral da caixa e segure-o. Volte a dedilhar. O que mudou? Qual a alteração que provocou?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Agora coloque o outro elástico mais grosso. Volte a dedilhar. Como se alterou em relação à situação 4?

\_\_\_\_\_

6. Fazendo uma analogia entre o que observou em 5, indique o que aconteceria sem em vez de um elástico mais grosso que os elásticos iniciais, usasse um elástico mais fino.

\_\_\_\_\_



Aluno: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Experiência: \_\_\_\_\_

## B. Ondas mecânicas no pc (60 min)

4. Abra o Link

[http://lh6.ggpht.com/\\_aTH7N3\\_trjA/ScKgYFc\\_aXI/AAAAAAAAAtM/c5vSk73UclA/s1600-h/peoplewave%5B7%5D.gif](http://lh6.ggpht.com/_aTH7N3_trjA/ScKgYFc_aXI/AAAAAAAAAtM/c5vSk73UclA/s1600-h/peoplewave%5B7%5D.gif). O que observa poderá ser uma onda? Explique.

---

---

---

5. As ondas podem ser classificadas em longitudinais ou transversais. Classifique a do exemplo

[http://lh4.ggpht.com/\\_aTH7N3\\_trjA/ScKgeA2dRsl/AAAAAAAAAAtc/YkMIhxN0s6s/s1600-h/wavepulse%5B5%5D.gif](http://lh4.ggpht.com/_aTH7N3_trjA/ScKgeA2dRsl/AAAAAAAAAAtc/YkMIhxN0s6s/s1600-h/wavepulse%5B5%5D.gif). Justifique.

---

---

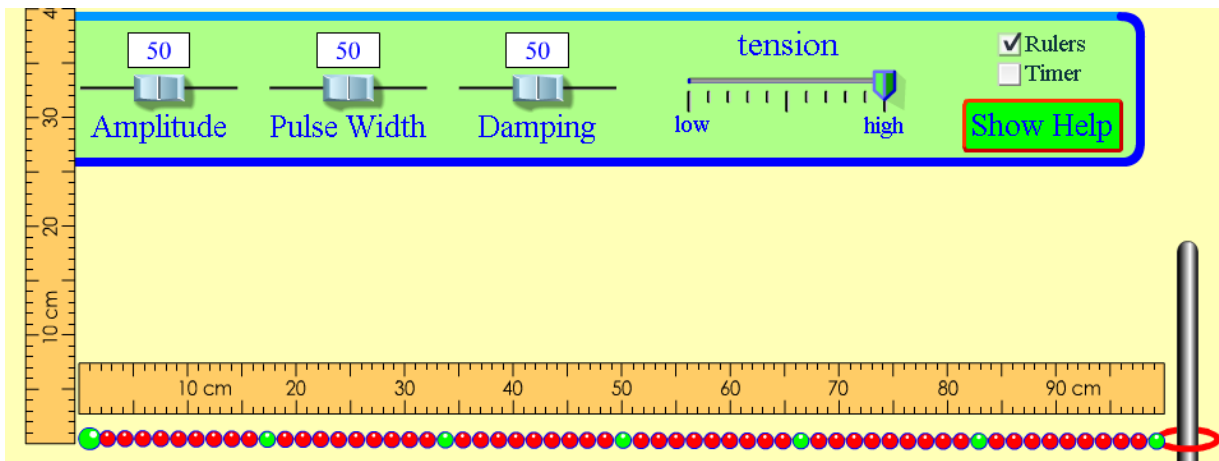
---

6. Use o simulador [https://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string_en.html) para estudar: **Amplitude, frequência e comprimento de onda.**

6.1 Amplitude:

a. Selecione  Pulse  Loose End

b. Explore a simulação até obter a seguinte configuração:



c. Explore como obter os dados de modo a completar a tabela:

**Tabela L**

Amplitude	Altura da onda no início (confirme que a régua está corretamente alinhada)	Distância ao suporte (fim)
100		
50		
5		

d. Analisando os dados que registou na tabela I, discuta o que aconteceu à energia em cada uma das situações em que alterou a amplitude.

---



---



---



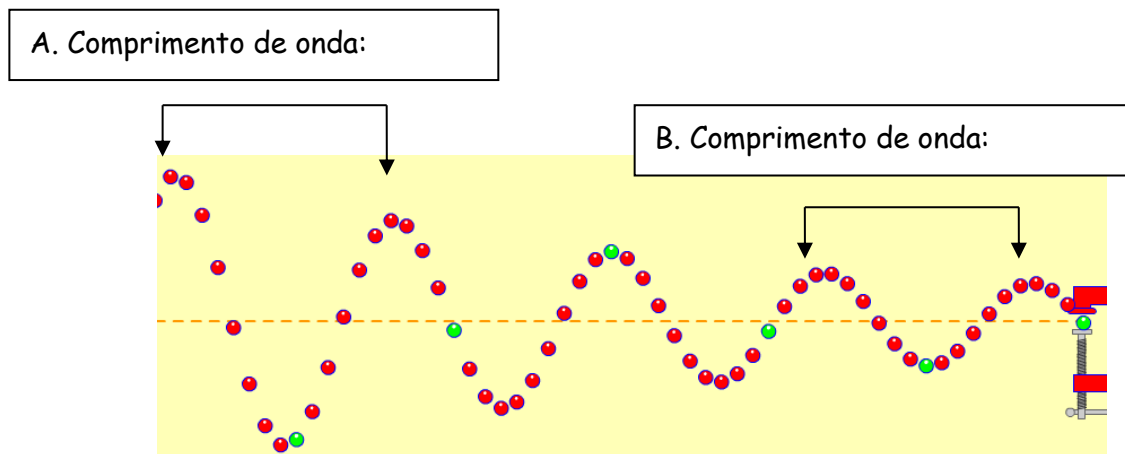
---



---

6.2 Comprimento de onda:

- f. Selecione  Oscillate  Fixed End e todas as restantes condições do ponto 1.
- g. Explore a simulação de modo a conseguir obter a seguinte onda e medir a grandeza indicada:



h. O que conclui sobre o comprimento da onda em A e B? Explique.

---



---



---

6.3 Frequência:

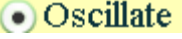

- a. Selecione ,  e as restantes condições do ponto 1.
- b. Explore o simulador de modo a obter os dados que lhe permitam preencher a tabela II:

Tabela LI

Frequência	Tempo (s)	Número de oscilações completas			Nº médio de oscilações completas em 10s	Nº de oscilações completas em 1s
		Trial #1	Trial #2	Trial #3		
50	10					
10	10					
100	10					

- c. A que grandeza corresponde os valores obtidos para a última coluna da Tabela II?

---



---

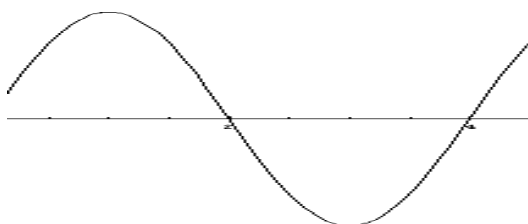
- i. Quando se altera: i) a amplitude e ii) a frequência de uma onda, quais as alterações que se verificam no comprimento de onda?

iii) \_\_\_\_\_

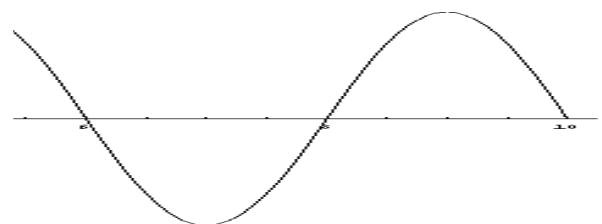
iv) \_\_\_\_\_

- j. Desenhe uma nova onda que tenha:

2. maior amplitude;



menor frequência



# BLOCO 4

## *Desafios*

Desafios

1. O osciloscópio é um instrumento que permite obter a representação gráfica da elongação da vibração sonora, em função do tempo, numa determinada posição (na qual se coloca um microfone ligado ao osciloscópio).
  - b) Numa determinada atividade obteve-se, num osciloscópio, a seguinte representação gráfica - figura 1:

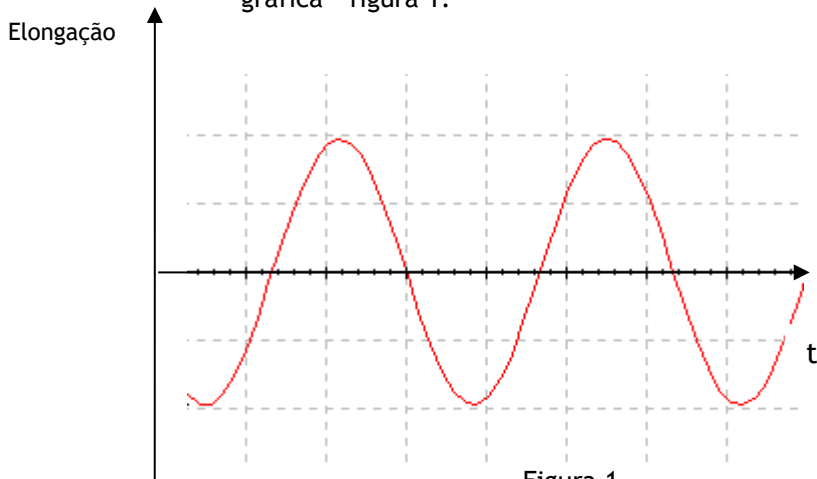


Figura 1

Desenhe sobre essa representação uma vibração que corresponda a uma onda:

- g. Com maior amplitude;
- h. Com menor período;
- i. Com menor frequência.

Use cores diferentes e faça a correspondência a, b e c.

2. Imagine que sabe que o comprimento de onda, de uma determinada onda sonora que se propaga no ar, é 0,234 m. Recorrendo ao osciloscópio e a um microfone, obtém-se a seguinte representação da amplitude da vibração em função do tempo:

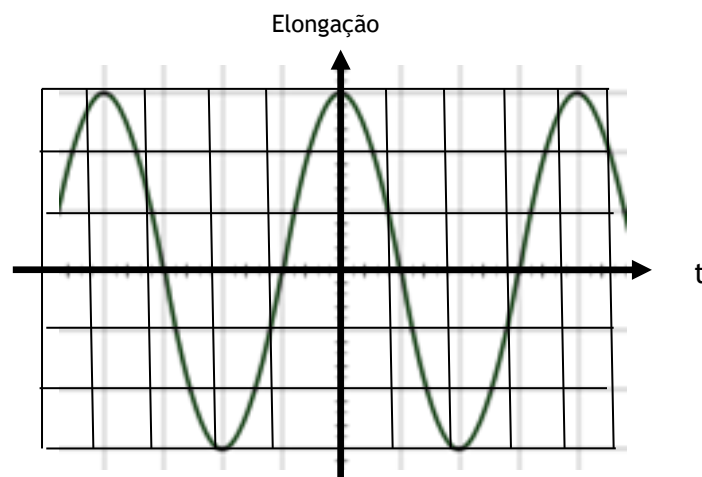


Figura 2

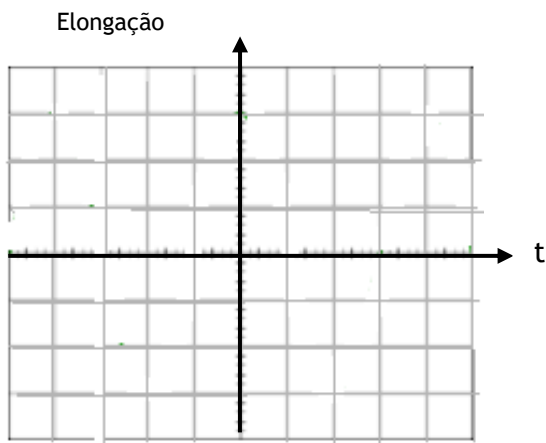
No eixo horizontal, da figura 2, está representada a escala de tempo. Cada divisão (quadrado) corresponde a  $0,10 \text{ ms} = 1,0 \times 10^{-4} \text{ s}$ . Determine a velocidade do som neste exemplo:

Nº de divisões que correspondem a um período: \_\_\_\_\_

$$\Rightarrow T = \text{_____} \times 1,0 \times 10^{-4} \text{ s} \Leftrightarrow T = \text{_____}$$

$$v = \lambda \times f \Rightarrow v = \lambda \times \frac{1}{T} \Rightarrow v = \text{_____} \times \text{_____} \Leftrightarrow v = \text{_____}$$

3. Imagine que a vibração detetada no osciloscópio, no ponto 2, passa a propagar-se num sólido. Na figura 3 desenhe (aproximadamente) a representação gráfica que iria obter no osciloscópio e justifique.




---

---

---

---

---

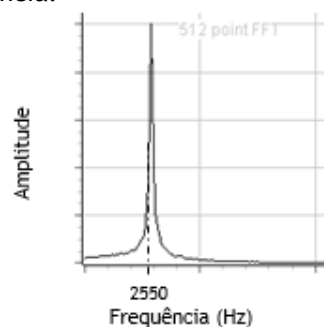
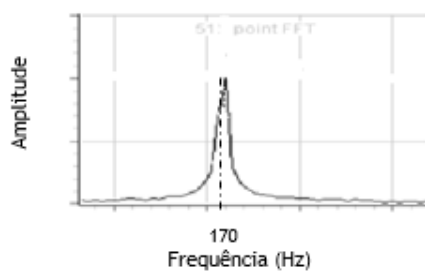
---

---

---

Figura 3

4. Um computador pode analisar as vibrações das ondas sonoras. Para a propagação de duas ondas sonoras em diferentes meios, com o mesmo comprimento de onda - 2 m, obtiveram-se os seguintes gráficos da intensidade em função da frequência:



Identifique a figura que poderá corresponder à propagação do som no ar? E numa mesa de metal? Justifique com cálculos.

---

---

---

---

---

---

4. A intensidade de uma onda está relacionada com a quantidade de energia por ela transportada. Numa atividade em que ora se afasta ora se aproxima um microfone de uma fonte sonora, qual dos gráficos poderá representar a situação em que o microfone está mais afastado da fonte sonora? Justifique. (Considere que os dois gráficos estão à mesma escala)

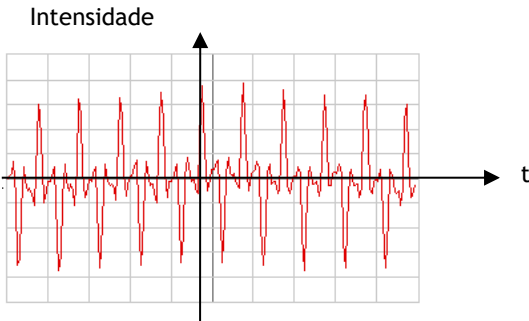


Figura 6

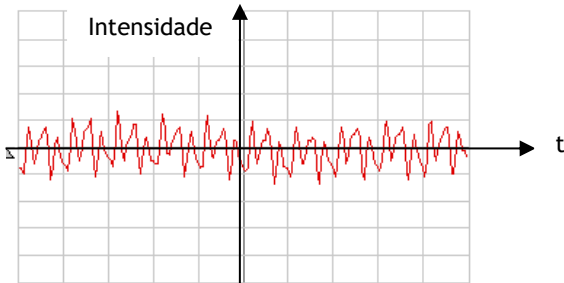


Figura 7

---

---

---

---

---

---

---

---

8. Relembre a atividade que fez com a caixa e os elásticos - figura 12. Imagine que colocou um sensor de som (microfone) perto de cada elástico enquanto os dedilhava, e registou, com o programa de computador, utilizado em 4, os gráficos da frequência em função da intensidade:

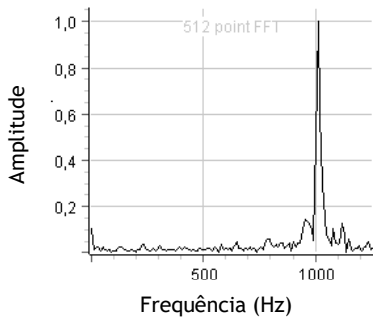


Figura 8

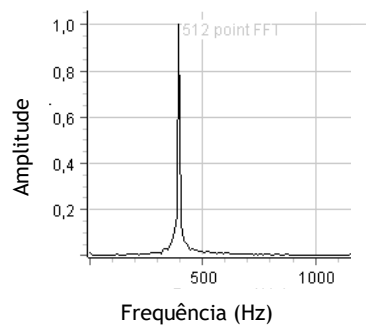


Figura 9

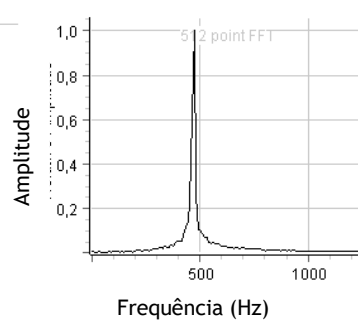


Figura 10

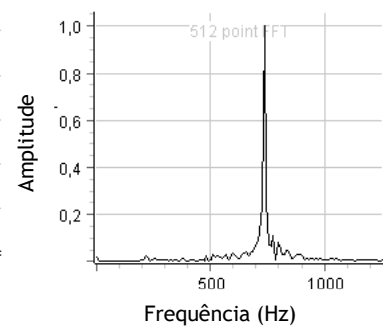


Figura 11

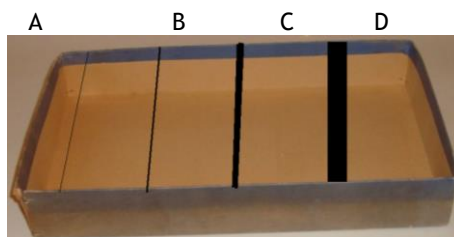


Figura 12

- c) Se o elástico A for o mais fino, e o D o mais grosso, associe cada elástico ao respetivo gráfico. Justifique.

---

---

---

- d) Assinale as opções corretas e **corrija as falsas**:

1. O som representado pela figura 8 propaga-se com maior velocidade que o som representado na figura 10.
2. O som provocado pela vibração do elástico mais grosso é o mais forte.
3. O elástico mais fino é o que produz o som que se propaga com maior velocidade.
4. O som representado na figura 9 é mais agudo que o representado na figura 8.
5. A figura 11 representa o som mais grave.

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

9. Numa sala na qual decorre um espetáculo musical, quando o pianista toca 3 notas diferentes em simultâneo (Dó, Ré, Mi - por exemplo) cada espetador ouve:

- iv) Todas as notas ao mesmo tempo
- v) Primeiro a nota de maior frequência
- vi) Primeiro a nota de menor frequência

**Selecione a opção correta e justifique.**

---

---

---



Capítulo 3 - Registos de ocorrências

Experiência	Observações acerca da gestão de:		
	Tempo	Recursos	Outras
Mesa A: Slinky (20m)			
Mesa B: Tina de água (20m)			
BLOCO 1: Ondas Mecânicas (45m)			



Experiência	Observações acerca da gestão de:		
	Tempo	Recursos	Outras
BLOCO 3: Produção de ondas mecânicas e de som (45m)	Mesa A: Régua e caixa de cordas (10m)		
	Mesa B: Ondas mecânicas no <b>DC</b> (30m)		

Experiência	Observações acerca da gestão de:		
	Tempo	Recursos	Outras
BLOCO 4: Desafios (45m)			

## Anexo H - Questionário aos professores sobre a metodologia

---

### Reflexão

Estas questões destinam-se a todos os professores que colaboraram no projeto “*O som no Ensino Básico*”, no âmbito do Doutoramento em Ensino das Ciências - ramo de Física, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Todas as questões pretendem abordar as eventuais mudanças que possam ter ocorrido após a participação nesta investigação e motivadas por essa mesma participação.

Na primeira parte solicita-se que, de um modo sucinto, indique se sentiu alguma alteração ao nível profissional após ter participado neste estudo. Na segunda parte solicita-se uma reflexão sobre as respostas fornecidas na primeira, focando aquilo que considera mais relevante, quer tenha sido positivo ou negativo.

#### Parte I - Respostas curtas

Use a escala de 1-5: (1) Discordo totalmente, (2) Discordo, (3) Não concordo nem discordo, (4) De acordo, (5) Totalmente de acordo

1. “*Após a participação nesta investigação, no âmbito do crescimento profissional...*”

- a. ... senti-me motivado para procurar mais diferentes soluções pedagógicas
- b. ... procurei conhecer melhor a metodologia inquiry
- c. ... inscrevi-me em cursos/formações sobre o tema som
- d. ... decidi aumentar os conhecimentos científicos recorrendo às instituições do Ensino Superior

1	2	3	4	5

2. “*Após a participação nesta investigação, no âmbito das atitudes, considero que existiram mudanças...*”

- a. ... no processo de reflexão sobre a aprendizagem dos alunos
- b. ... no modo como preparo as aulas (sobre qualquer tema)
- c. ... na preparação das atividades laboratoriais
- d. ... na construção dos instrumentos de avaliação

1	2	3	4	5

#### Parte II - Resposta aberta

## Anexo I - Entrevista aos professores sobre a metodologia

---

### Entrevista

Esta entrevista destina-se a todos os professores que colaboraram no projeto “*O som no Ensino Básico*”, no âmbito do Doutoramento em Ensino das Ciências - ramo de Física, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, com turmas do grupo experimental.

1. a) Descreva globalmente a sua opinião sobre as atividades que realizou, nomeadamente sobre a gestão dos recursos e do tempo.  
b) O que achou do método das mesas rotativas?  
c) Quais as vantagens que identifica no trabalho de grupo? E desvantagens?
  
2. a) Relativamente aos conceitos abordados nas atividades, e considerando que o bloco representa todos os conceitos que se entendem como fundamentais para o 8º ano (e conseqüente base para o 11ºano), considera-as completas?  
b) Que outros conceitos considera fundamentais no 8ºano e que não foram analisados?
  
3. a) De entre as atividades que desenvolveu com os seus alunos indique a que, em sua opinião, contribuiu mais para a aprendizagem.  
b) Refira especificamente os aspetos que contribuíram para favorecer essa aprendizagem.
  
4. a) De entre as atividades que desenvolveu com os seus alunos indique a que, em sua opinião, contribuiu menos para a aprendizagem.  
b) Refira especificamente os aspetos que condicionaram essa aprendizagem.  
c) Proponha alterações para as atividades que, em sua opinião, potenciariam a aprendizagem.

5. a) Uma das atividades proposta foi com recurso ao computador. Os alunos já tinham, em outras ocasiões, utilizado o computador como ferramenta de trabalho?

b) Que dificuldades detetou nesta experiência, especificamente?

b) O que pensa sobre a utilização de computadores e softwares para realização de atividades?

6. a) Considera que a aprendizagem dos alunos (desenvolvimento de competências cognitivas e/ou sociais ou atitudinais e/ou manipulativas, ou outras) foi potenciada com esta metodologia?

b) Se fizer uma análise reflexiva do comportamento e motivação dos alunos, antes e depois da participação neste estudo, acha que houve mudanças?

c) Quais espera que tenham sido as diferenças nos resultados entre as turmas de controlo e as turmas experimentais?

7. a) Da próxima vez que lecionar o 8ºano pondera recorrer aos recursos que lhe foram disponibilizados neste estudo - experiências, protocolos, questões?

b) Quais os aspetos que pretende mudar?

8. a) Antes de realizar as atividades teve acesso a documentos que explicavam cada atividade (objetivos, recursos, tempos, entre outros aspetos). Acha que esses documentos foram úteis?

b) Quais as dificuldades que sentiu?

c) Considera que as informações que estavam nesses documentos foram suficientes? O que mudaria?

## Anexo J - Notas de apoio à realização dos Pré Testes

---

### Pequenas notas de apoio à realização do pré-teste e pós teste

(para grupo A - experimental - e grupo B - controlo)

- Momentos de distribuição:

- Pré teste - na aula antes de iniciar o tema som ou no início da primeira aula. No caso de iniciar o Som e não ter distribuído os pré testes antes então já não os deve entregar aos alunos. Nesta situação não haverá pós-teste.
- Pós teste - após a lecionação do tema, já depois de concluídas as avaliações dos alunos (testes, fichas de trabalho, etc). Pode ser distribuído na primeira semana em que estão a leccionar a luz.

- Os pré testes, e consequentes pós testes, não podem funcionar como instrumentos de avaliação dos alunos, quer no caso do grupo experimental, quer no caso do grupo de controlo. Por este motivo os alunos não se devem identificar com o nome, mas sim com um “Código de aluno”. Pode ser uma letra, um número.... Este código tem de ser o mesmo no pré teste e no pós teste. Só assim poderei identificar o ganho individual. Sugestão: as iniciais do aluno, o nº da porta e do andar, etc.

- São instrumentos que permitirão medir o eventual ganho associado à aplicação de uma nova metodologia, no grupo A, quando comparado com o grupo de controlo, grupo B, que não sofreu nenhuma alteração à metodologia normalmente usada;

- Para que se possa assegurar a legitimidade destes instrumentos de medida as questões não devem ser abordadas diretamente com os alunos, mesmo em aulas posteriores. **Os pré testes não podem ser corrigidos na aula.**

- O tempo de realização, quer do pré teste, quer do pós teste deve ser igual. Aconselho 15 m. Se verificar que os alunos necessitam de mais tempo, peço que registre esse facto, indicando a duração.

- Seguem neste material, envelopes e selos, para que me envie os pré testes (e mais tarde os pós testes), tanto os preenchidos pelos alunos, como os sobrantes. Peço que os enviem pouco tempo depois de os alunos responderem, para que eu possa ir analisando os resultados obtidos.

#### DATAS A REGISTRAR:

Distribuição do Pré Teste	Primeira aula sobre o Som	Última aula sobre o Som	Distribuição do Pós Teste



## Anexo K - Questionário sobre práticas pedagógicas

### Questionário

Este questionário destina-se a todos os professores que colaboraram no projeto “*O som no Ensino Básico*”, no âmbito do Doutoramento em Ensino das Ciências - ramo de Física, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Todas as questões relativas à metodologia de ensino referem-se apenas às turmas que participaram neste estudo do 8ºano, quer tenham sido do grupo experimental ou de controlo.

#### a. Caracterização do docente:

1. Nome: \_\_\_\_\_
2. Idade: \_\_\_\_\_
3. Habilitações académicas: Bacharelato  Licenciatura  Mestrado  Doutoramento   
Outra  Especifique: \_\_\_\_\_
4. Instituição onde realizou a formação inicial: \_\_\_\_\_
5. Tempo de serviço: \_\_\_\_\_
6. Níveis de ensino que leciona: \_\_\_\_\_
7. Situação profissional: \_\_\_\_\_
8. Outros cargos: \_\_\_\_\_

#### b. Caracterização da escola:

1. Nome da escola \_\_\_\_\_
2. Nº alunos: \_\_\_\_\_
3. Localidade: \_\_\_\_\_

4. Como classifica o ambiente:

- a. Entre os alunos
- b. Entre os colegas do grupo 510
- c. Entre os colegas no global
- d. Entre toda a comunidade (docentes, alunos, funcionários)

Excelente	Bom	Razoável	NS/NR *

c. Caracterização da(s) turma(s) que participou(aram) no estudo:

1. Nº de turmas com que participou no estudo: Grupo controlo \_\_\_\_\_ Grupo experimental \_\_\_\_\_

2. Para cada turma envolvida, preencha uma linha da tabela I:

Tabela LI: Caracterização de cada turma participante (quer como grupo controlo, quer como grupo experimental)

	Turma	Nº alunos				Idades alunos		Nº alunos com classificação final (1ºP - CFQ)			
		F	M	Repetentes	C/Participações disciplinares	Mín.	Máx.	2	3	4	5
Grupo Controlo											
Grupo Experimental											

d. Caracterização da metodologia que costuma usar nas suas aulas do 8ºano:

1. Manual adotado: \_\_\_\_\_

2. Assinale a(s) opção(ões) que melhor descrevem as suas aulas:

I. Quando ensino, pela primeira vez, um conceito/tema aos alunos:

- |    |  |     |  |  |
|----|--|-----|--|--|
| a. | Recorro ao método expositivo com a ...   | i.  | ... análise de exemplos e só depois é que introduzo os conceitos teóricos.       |  |
|    |  | ii. | ... introdução dos conceitos teóricos e só depois é que se analisam os exemplos. |  |
| b. | Faço-o através de diálogo com os alunos.   |     |  |  |
| c. | Proponho discussões a toda a turma.  |     |  |  |
| d. | Escolho as atividades experimentais, desafiando os alunos a interpretar os resultados, ... | i.  | ...através de demonstrações.   |  |
|    |  | ii. | ... realizadas pelos próprios alunos.  |  |
| e. | Outra:   |     |  |  |
|    | _____  |     |  |  |

II. Solicito trabalhos de casa....

- |    |   |  |
|----|---|--|
| a. | Praticamente todas as aulas.  |  |
| b. | Cada vez que apresento um conceito novo.                            |  |
| c. | Só quando termino uma unidade letiva.                               |  |
| d. | Só nas vésperas dos testes.   |  |
| e. | Sempre que verifico que na aula surgiram problemas de aprendizagem. |  |
| f. | Outra:  |  |
|    | _____   |  |

III. Relativamente às atividades laboratoriais...

- a. Só realizo se sobrar tempo.
- b. Tento realizar pelo menos as que são indicadas no manual adotado.
- c. Realizo todas as que são indicadas no manual adotado.
- d. Realizo outras para além das que vêm no manual adotado.
- e. Outra:

\_\_\_\_\_


IV. Quando realizamos atividades laboratoriais ...

- a. Os alunos é que executam as tarefas ...
  - i. ... através de um protocolo com questões (diferente do manual).
  - iii. ... seguindo as indicações do manual.
- b. Os alunos observam o que faço (demonstrações).
- c. Verifico a aprendizagem alcançada através de testes.
- d. Outra:

\_\_\_\_\_


V. As atividades laboratoriais...

- a. Promovem a aprendizagem.
- b. Gastam muito do tempo disponível.
- c. Potenciam nos alunos a aquisição de competências.
- d. Aumentam as confusões nos alunos.
- e. Apenas promovem a aprendizagem dos bons alunos.
- f. Outra:

\_\_\_\_\_


## Anexo L - Pré Teste do Estudo Final

Ano: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

Código do Aluno: \_\_\_\_\_

1. Escolhe a(s) opção(ões) que melhor completa(m) a frase: “ O som...”

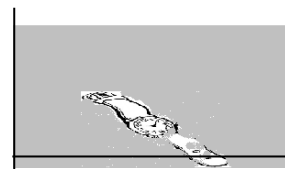
- i. ... move-se entre as partículas do meio (espaços vazios)”.
- ii. ... é um movimento repetido, que transporta energia e matéria”.
- iii. ... é a propagação de um movimento (uma perturbação)”.
- iv. ... não é um movimento periódico”.
- v. ... não é nenhuma das opções anteriores”.
- vi. Não sei responder

2. Imagina que estás à beira de uma piscina e que lá dentro está um relógio, à prova de água, com o despertador a tocar.

c) Conseguirás, do lado de fora da piscina, ouvir o som produzido pelo despertador? Porquê?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



d) Em que situação é que o som do despertador demora mais tempo a percorrer 100m? Assinala a opção correta e **justifica**.

- i. Dentro da piscina
- ii. Fora da piscina.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

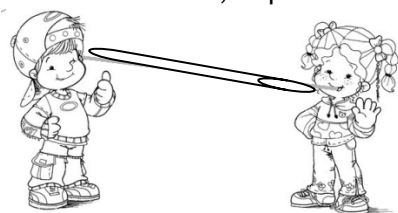
e) Se atirares uma pedra à piscina vais gerar ondas. Escolha a opção correta e justifique:

“ Essas ondas, ao longo do tempo...”

- i. ... têm uma amplitude que se mantém constante.
- ii. ... têm uma frequência que vai sofrendo alterações.
- iii. .... vão demorando cada vez mais tempo a percorrerem a mesma distância.
- iv. ... têm uma frequência que não se altera - que depende da perturbação.
- v. Não sei responder.

3. A Maria e Miguel estão a jogar um jogo - a Maria tem de falar e o Miguel tem de repetir o que ouve. Como a Maria está com dor de garganta só consegue sussurrar.

d) O Miguel vai buscar uma mangueira (de regar o jardim) e estica-a para ouvir, através dela, o que a Maria diz. Imagina que o tubo da figura é a mangueira. Identifica:

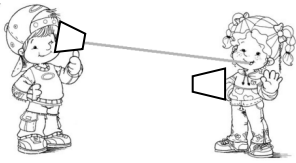


- O meio em que se propaga o som: \_\_\_\_\_
- A fonte emissora de som: \_\_\_\_\_
- A alteração que a mangueira representa: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

e) Um outro amigo, o Pedro junta-se à brincadeira mas trouxe um telefone, feito com fio encerado e dois copos de plástico. Identifica:



- O meio em que se propaga o som:  
\_\_\_\_\_
- A fonte emissora de som:  
\_\_\_\_\_
- A alteração em relação à situação anterior:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Indica quais as afirmações **verdadeiras e falsas**. **Corrige as falsas.**

- a) Nas mesmas condições, um som grave move-se com uma velocidade diferente de um som agudo.
- b) Se num rádio tocar uma música com um volume muito elevado, essa música chega aos teus ouvidos mais depressa do que quando o rádio está a tocar a mesma música com um volume muito reduzido.
- c) Quando se aumenta o volume de um rádio está-se a aumentar a amplitude sonora e conseqüentemente o som emitido tem mais energia.
- d) O som propaga-se mais rapidamente no ar do que em sólidos.

---

---

---

---

---

---

---

---

5. A Ana tem uma voz aguda e o João uma voz grave. O som que a Ana emite....

- i. ... propaga-se a uma maior velocidade que o do João.
- ii. ... é sempre mais intenso que o do João e por isso é que se ouve melhor.
- iii. ... tem menor amplitude que o do João porque é agudo.
- iv. ... tem uma frequência diferente da do som emitido pelo João.
- v. ... nenhuma das opções anteriores: Qual? \_\_\_\_\_
- vi. ... Não sei responder.

6. Imagina que estás num concerto. (escolhe uma opção)

6.1 O som que ouves ....

- a) ... espalhou-se em todas as direções
- b) ... propagou-se apenas em frente
- c) ... tem uma direção de propagação que depende da frequência do som.
- d) ... não sei responder.

6.2 Se o teu telemóvel tocar, e se quiseres abafar o som, deves:

- a) Tapá-lo com uma camisola de lã porque a lã absorve o som.
- b) Metê-lo numa caixa metálica porque o som não passa do metal para o ar.
- c) Não sei responder.

## Anexo M - Pós Teste do Estudo Final

Ano: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

Código do Aluno: \_\_\_\_\_

1. Escolhe a(s) opção(ões) que melhor completa(m) a frase: “ O som...”

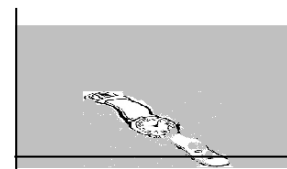
- i. ... move-se entre as partículas do meio (espaços vazios)”.
- ii. ... é um movimento repetido, que transporta energia e matéria”.
- iii. ... é a propagação de um movimento (uma perturbação)”.
- iv. ... não é um movimento periódico”.
- v. ... não é nenhuma das opções anteriores”.
- vi. Não sei responder

2. Imagina que estás à beira de uma piscina e que lá dentro está um relógio, à prova de água, com o despertador a tocar.

a) Conseguirás, do lado de fora da piscina, ouvir o som produzido pelo despertador? Porquê?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



b) Em que situação é que o som do despertador demora mais tempo a percorrer 100 m? Assinala a opção correta e **justifica**.

- ii. Dentro da piscina
- ii. Fora da piscina.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

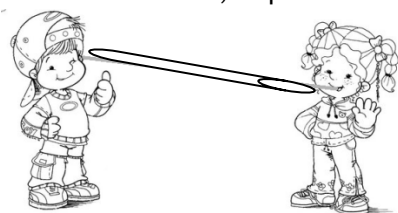
c) Se atirares uma pedra à piscina vais gerar ondas. Escolha a opção correta e justifique:

“ Essas ondas, ao longo do tempo...”

- vi. ... têm uma amplitude que se mantém constante.
- vii. ... têm uma frequência que vai sofrendo alterações.
- viii. .... vão demorando cada vez mais tempo a percorrerem a mesma distância.
- ix. ... têm uma frequência que não se altera - que depende da perturbação.
- x. Não sei responder.

3. A Maria e Miguel estão a jogar um jogo - a Maria tem de falar e o Miguel tem de repetir o que ouve. Como a Maria está com dor de garganta só consegue sussurrar.

a) O Miguel vai buscar uma mangueira (de regar o jardim) e estica-a para ouvir, através dela, o que a Maria diz. Imagina que o tubo da figura é a mangueira. Identifica:

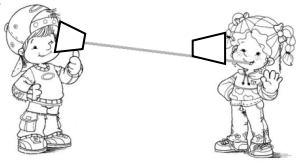


- O meio em que se propaga o som: \_\_\_\_\_
- A fonte emissora de som: \_\_\_\_\_
- A alteração que a mangueira representa: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b) Um outro amigo, o Pedro junta-se à brincadeira mas trouxe um telefone, feito com fio encerado e dois copos de plástico. Identifica:



- O meio em que se propaga o som: \_\_\_\_\_
- A fonte emissora de som: \_\_\_\_\_
- A alteração em relação à situação anterior: \_\_\_\_\_

4. Indica quais as afirmações **verdadeiras e falsas**. **Corrige as falsas**.

- a) Nas mesmas condições, um som grave move-se com uma velocidade diferente de um som agudo.
- b) Se num rádio tocar uma música com um volume muito elevado, essa música chega aos teus ouvidos mais depressa do que quando o rádio está a tocar a mesma música com um volume muito reduzido.
- c) Quando se aumenta o volume de um rádio está-se a aumentar a amplitude sonora e conseqüentemente o som emitido tem mais energia.
- d) O som propaga-se mais rapidamente no ar do que em sólidos.

---

---

---

---

---

---

---

---

5. A Ana tem uma voz aguda e o João uma voz grave. O som que a Ana emite....

- i. ... propaga-se a uma maior velocidade que o do João.
- ii. ... é sempre mais intenso que o do João e por isso é que se ouve melhor.
- iii. ... tem menor amplitude que o do João porque é agudo.
- iv. ... tem uma frequência diferente da do som emitido pelo João.
- v. ... nenhuma das opções anteriores: Qual? \_\_\_\_\_
- vi. ... Não sei responder.

6. Imagina que estás num concerto. (escolhe uma opção)

6.1 O som que ouves ...

- a) ... espalhou-se em todas as direções
- b) ... propagou-se apenas em frente
- c) ... tem uma direção de propagação que depende da frequência do som.
- d) ... não sei responder.

6.2 Se o teu telemóvel tocar, e se quiseres abafar o som, deves:

- d) Tapá-lo com uma camisola de lã porque a lã absorve o som.
- e) Metê-lo numa caixa metálica porque o som não passa do metal para o ar.
- f) Não sei responder.



**Grupo B:** Neste grupo de questões, deves assinalar a resposta correta e justificar a tua opção.

1. Uma campainha ouve-se a tocar dentro de um balde com sumo e também quando o balde está vazio.

Verdadeira

Falsa

**Justificação:**

- vi. O som propaga-se no ar e nos líquidos.
- vii. O som não se propaga no sumo pois as moléculas não têm espaço para vibrar.
- viii. O som não se propaga no balde com sumo porque o líquido abafa o som.
- ix. O som propaga-se dentro do líquido (no sumo) mas depois não consegue passar para o ar e por isso não se consegue ouvir.
- x. Outra: \_\_\_\_\_

2. Ao tomares banho de imersão, se bateres com o pé na banheira só consegues ouvir esse som se tiveres a cabeça fora de água.

Verdadeira

Falsa

Justificação: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Uma onda sonora demora 0,2 s a percorrer 50 m pelo ar. Se esta onda sonora for produzida no extremo de uma barra de metal com 50 m, até atingir o outro extremo vai demorar:

Mais tempo

Menos tempo

Igual tempo

Não há propagação

Justificação: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. O Pedro e a Maria estão separados por um objeto de ferro de 1 m de comprimento – na figura 1 por um cubo e na figura 2 por um cilindro. O Pedro faz um som, batendo com o dedo no ferro e a Maria tenta ouvir do outro lado. Conseguirá nas duas situações?

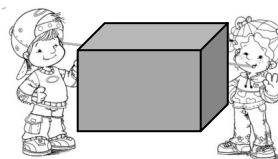


Figura 1 – Pedro e Maria separados por um cubo.

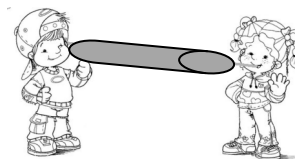


Figura 2 – Pedro e Maria separados por um cilindro.

Sim

Apenas na figura 1

Apenas na figura 2

Não

**Justificação:**

- i. Ouve-se igualmente bem em ambas as situações porque a propagação das ondas sonoras é sempre no mesmo meio (sólido).
- ii. Em nenhuma das situações se consegue ouvir o som.
- iii. Ouve-se melhor através da barra porque o som se propaga apenas numa direção.
- iv. Ouve-se melhor através do cubo porque o som tem muitas direções por onde se propagar.
- v. Outra: \_\_\_\_\_

### Grupo C

Classifica as afirmações (de A a F) de acordo com a chave:

- 1 Discordo totalmente
- 2 Discordo um pouco
- 3 Nem concordo nem discordo
- 4 Concordo um pouco
- 5 Concordo totalmente

G. Gosto de ver programas de TV sobre ciência.

1                      2                      3                      4                      5

H. Gosto de ler artigos sobre a ciência em jornais e revistas.

1                      2                      3                      4                      5

I. Gosto das aulas de ciência e das experiências de ciência na escola.

1                      2                      3                      4                      5

J. Agrade-me o conhecimento científico.

1                      2                      3                      4                      5

K. De todas as disciplinas de ciências, a Física é a que mais gosto.

1                      2                      3                      4                      5

L. Gostei das experiências que fiz nas aulas de Física sobre o som.

1                      2                      3                      4                      5

### Grupo D

A. Idade: \_\_\_\_\_

B. Género: M  F

B. Já reprovaste algum ano? Se sim, qual? \_\_\_\_\_

C. Habilitações académicas do Encarregado de Educação:

Não frequentou escola  Até ao 4º ano  Até ao 6º ano  Até ao 9º ano   
Até ao 12º ano  Bacharelato/Licenciatura  Mestrado ou Doutoramento

D. Profissão do Encarregado de Educação: \_\_\_\_\_

E. Sabes tocar algum instrumento? Sim  Não

F. Como aprendeste? Por mim próprio  Numa escola

G. Qual a tua disciplina favorita? \_\_\_\_\_ Outro: \_\_\_\_\_

H. Pensas continuar os estudos em que área?

Científico-Humanística  Artística  Profissional  Tecnológica

I. Quanto às aulas de Física sobre o som, indica:

1. O que mais gostaste.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

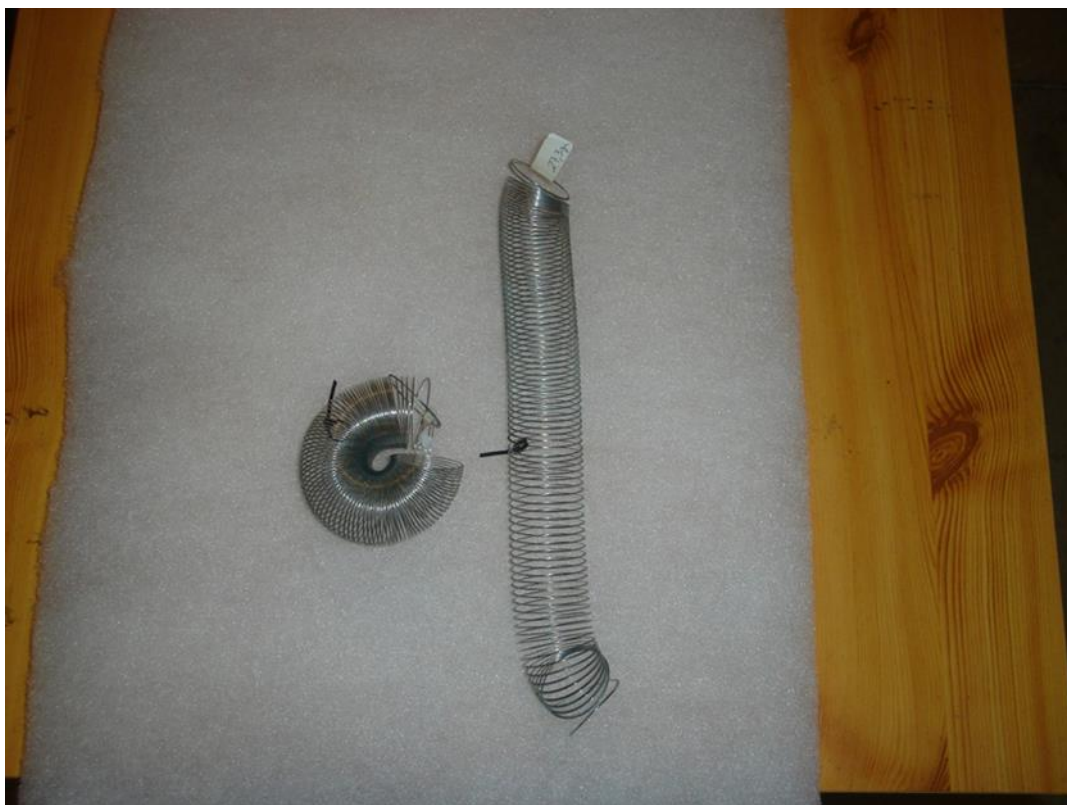
2. O que mudarias.

\_\_\_\_\_

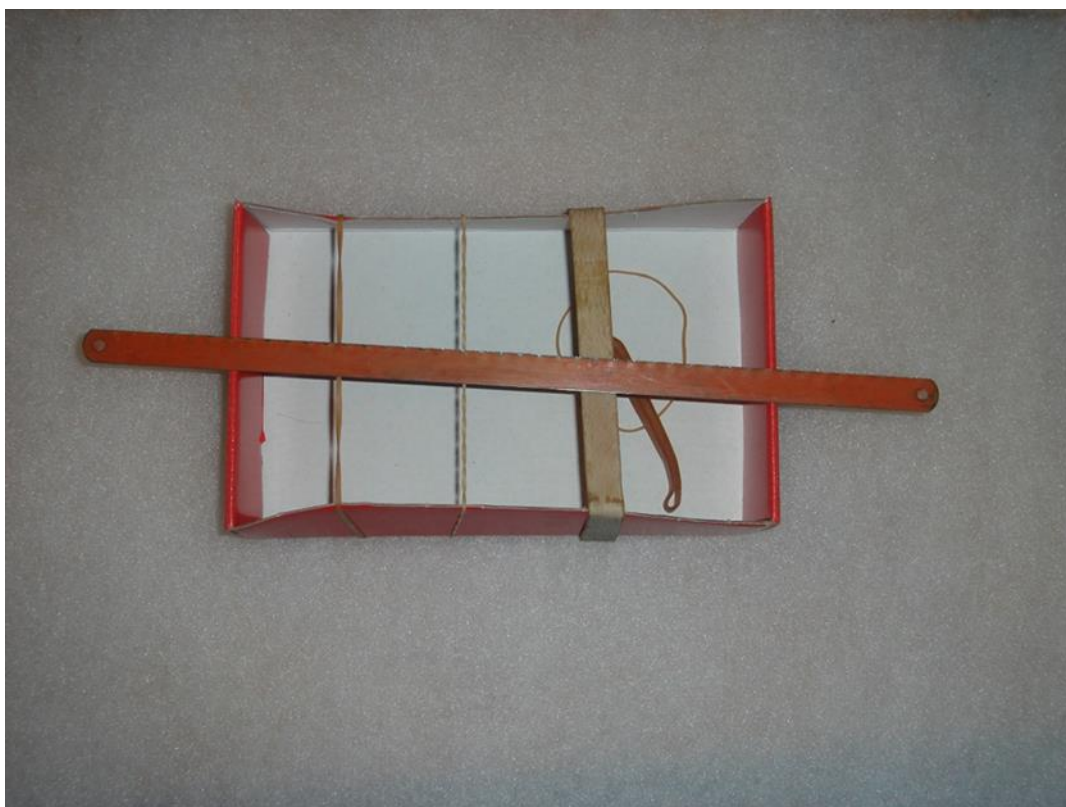
\_\_\_\_\_

## Anexo O - Fotografias do material das atividades

---



Bloco Um: Slinky



Bloco Dois: Régua e Caixa de Cordas



Bloco Dois: Xilofone e Garrafas de Água



Bloco Dois: Cachimbo sonoro e telefone