

Candida Aparecida Machado

Simulador no Quadro Interativo: Impactos no Ensino e Aprendizagem da Física

Tese de doutoramento em Ensino das Ciências orientada pelo Professor Doutor Pedro Almeida Vieira Alberto e Professora Doutora Maria Augusta Vilalobos Filipe Pereira do Nascimento e apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Fevereiro/2018



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Simulador no Quadro Interativo: Impactos no Ensino e Aprendizagem da Física

Candida Aparecida Machado

Tese de Doutoramento em Ensino das Ciências, Ramo de Ensino da Física

Orientadores

Professor Doutor Pedro Almeida Vieira Alberto

Professora Doutora Maria Augusta Vilalobos Filipe Pereira do Nascimento

Investigação financiada pelo período de 3 anos por



Fevereiro de 2018

AGRADECIMENTOS

Um trabalho como este não é possível fazer-se na solidão do individualismo. Sempre representa um esforço onde a parceria é indispensável. No presente caso essa parceria tem figura maior nas pessoas do Professor Doutor Pedro Almeida Vieira Alberto e da Professora Doutora Maria Augusta Vilalobos Filipe Pereira do Nascimento. As suas presenças constantes ao longo deste percurso foi a razão *sine qua non* para a concretização desta tarefa e sem a qual, sem as suas orientações não teria sido possível a sua boa conclusão. Todas as palavras que lhes possa dirigir e que queiram demonstrar a minha gratidão são poucas porque muito lhes fico a dever. Desde logo, por todas as sugestões e correções essenciais ou aperfeiçoamento e finalização desta tese; depois, por conseguirem despertar em mim a cada dia que passava a curiosidade por esta temática. Mas, por sobre tudo isso, todo cuidado humano, toda amizade, conselhos, paciência, partilha de conhecimentos, incentivo e dedicação pessoal desde a minha chegada à Universidade de Coimbra. Por fim, embora as palavras sejam breves para agradecer, ficam a minha grande admiração às suas figuras de investigadores, exemplos de competência e comprometimento.

Um reconhecimento especial às professoras que participaram desta investigação, pelo empenho, dedicação, entusiasmo e disponibilidade que sempre demonstraram, apresentando-me de muito perto o contexto do ensino da Física em Portugal e, que levo toda esta vivência com muito carinho. Foram “transparentes”, expondo suas limitações, angústias e resistências aos recursos digitais utilizados, demonstrando a vontade de ultrapassar estas barreiras e adquirirem novas competências em TIC para serem utilizadas nas suas práticas futuras, a vocês o meu muito obrigada.

Um agradecimento especial às escolas e aos alunos participantes, sem vocês este trabalho não teria sentido, foram sujeitos ativos, demonstrando muito interesse, motivação e envolvimento em todas as etapas.

A todos os amigos que fiz aqui neste país tão querido e acolhedor, obrigada pela amizade, pelas conversas e risadas e, principalmente pelo apoio e incentivo à conclusão desta etapa. Aos meus colegas do curso de doutoramento agradeço pela amizade e partilha de conhecimentos.

À minha família que ficou no Brasil, a qual sempre senti muitas saudades durante estes três anos, em especial meus pais, irmãs, sobrinhos e cunhados, serei eternamente grata pelo apoio, carinho e incentivo nesta caminhada.

Meu agradecimento também a CAPES que financiou o doutoramento através do programa Ciências Sem Fronteiras, permitindo a concretização de mais este sonho em minha vida.

Ao Ricardo e ao Lorenço, por acreditarem em mim, sem vocês este sonho não seria possível concretizar. Pessoas que não mediram esforços para me acompanhar nesta jornada, vivendo junto comigo este sonho, enxugando minhas lágrimas nos momentos de saudades e angústias, apoiando-me incondicionalmente, dando-me muito carinho e incentivo, deixando as vossas vidas para estarem aqui ao meu lado. A vocês minha eterna gratidão e amor.

OBRIGADA!

CANDIDA APARECIDA MACHADO

RESUMO

A escola é hoje um espaço que exige que sejamos capazes de acompanhar os processos de mudança da sociedade em que vivemos, nomeadamente através do uso das Tecnologias de Informação e Comunicação. Se por um lado acreditamos que estas são atrativas e podem através do seu uso no ensino motivar os alunos e oferecer vantagens, por outro, entendemos que se não forem devidamente enquadradas podem ser causadoras de dispersão e desorientação. A sua integração desenvolvendo materiais que orientem, estimulem, suportem e promovam aprendizagens é um aspeto de crucial importância e envolver os professores neste processo é um ponto fundamental, sobre o qual temos refletido e que estudamos neste trabalho.

A aprendizagem da Física requer que o aluno aprenda a sua linguagem, saiba fazer distinções entre os conceitos e aprenda a fazer o seu uso correto em diferentes contextos, e esse é um dos grandes problemas dessa disciplina, a sua aprendizagem concetual. Nesse sentido, as simulações computacionais concebidas como recurso educativo digital que potencializa novas aprendizagens e que propicia o envolvimento ativo do aluno constituem um tema cuja relevância no ensino da Física tem sido amplamente reconhecida, não só por investigadores e um ainda pequeno número de professores, mas também pelos responsáveis que tomam decisões relativas às políticas educativas e aos currículos.

Assim, esta tese propõe uma nova perspetiva na aprendizagem de conceitos da Física, em que o simulador computacional e, em particular, o seu uso combinado com o Quadro Interativo e apoiado por um guião de atividades, resultando num dispositivo pedagógico, é considerado como uma ferramenta chave no processo de ensino e de aprendizagem, onde a visualização e a interação a partir do digital possibilitam ao aluno uma melhor exploração dos conceitos.

Esta perspetiva, fundamentada na investigação sobre a aprendizagem das ciências e na investigação em interfaces entre o computador e o usuário, assume que: (a) a aprendizagem é um processo ativo de criação de significados a partir de representações; (b) os alunos aprendem a partir do seu próprio esforço, trabalho, dedicação, competência cognitiva, comportamental, sensorio-motora e emocional e, também, a partir de orientação externa; (c) a motivação e o envolvimento influenciam a

aprendizagem; (d) a aprendizagem é um processo de familiarização com conceitos, com ligações entre conceitos e inclui pré-concepções; (e) a exploração de conceitos abstratos em interfaces digitais permite ao aluno uma melhor visualização e, também, prever e testar hipóteses, num ambiente interativo, promovendo assim novas aprendizagens, nomeadamente trabalhando as pré-concepções.

Com isso, a presente investigação teve como finalidade implementar e analisar a utilização de um dispositivo pedagógico conjugando um simulador computacional programado em *VPython* com um Quadro Interativo no ensino de conceitos da Mecânica. Um estudo de caso centrado nesse dispositivo foi desenvolvido em duas escolas com ensino secundário do centro de Portugal, para conhecer e compreender em profundidade e sob diferentes perspetivas o nosso objeto de estudo. Em termos metodológicos, numa abordagem mista, incluímos as vias fenomenológica e quasi-experimental e a triangulação de dados provenientes de entrevistas às professoras, questionários aos alunos, documentos relativos às classificações dos alunos antes e após a aplicação do dispositivo e observação de aulas (direta e apoiada por registos em vídeo).

Os resultados indicam que o dispositivo pedagógico apresenta potencialidades para o ensino e aprendizagem da Mecânica, na aquisição de novos conceitos e sua integração, na mudança concetual das pré-concepções identificadas, na motivação e no envolvimento dos alunos, na mudança de atitudes das professoras envolvidas relativamente a esta estratégia de ensino e na transformação das suas práticas pedagógicas.

O sistema educacional muda muito lentamente e ainda temos presente nos ambientes escolares a ênfase numa aprendizagem mecânica e em que o ensino da Física recorre demasiado a fórmulas e sua aplicação. Acreditamos que se as escolas tiverem acesso a novas e poderosas visões sobre a aprendizagem e a ferramentas e recursos educativos digitais que suportem a aprendizagem concetual significativa e que sejam tão comuns e fáceis de usar como o lápis e o papel, este cenário poderá ser transformado.

Palavras-chave: simulação computacional, quadro interativo, ensino da Mecânica, aprendizagem concetual, competências TIC de professores.

ABSTRACT

Nowadays, school is a space that demands us to be capable to follow the changes of our society, namely through the use of Information and Communication Technologies. If on one hand, we believe that these are attractive and can motivate students and offer advantages in class, on the other, we realize that when not properly framed they can cause dispersion and disorientation. Their integration developing resources that guide, stimulate, support and promote learning is of major importance. Teachers' participation in this process is a key aspect that we analyze and study in this work.

Learning Physics requires students to acquire its language, distinguishing concepts and learning how to use it correctly in different contexts. One of the major problems of this subject is conceptual learning. In this context, the relevance of computational simulations in Physics teaching, conceived as a digital educational resources which foster learning and students participation, has been widely recognized, not only by researchers and even a small number of teachers, but also by decision-makers regarding educational policies and curricula.

This thesis proposes a new perspective on learning Physics' concepts, presenting a pedagogical device integrating a computational simulation combined with an interactive whiteboard, supported by an activity guide, as a key tool for teaching and learning, where digital visualization and interaction increase conceptual learning.

This perspective based on research on science learning and on the interfaces between computers and users, assuming that: (a) learning is an active process of creating meaning from representations; (b) students learn from their own effort, work, dedication, from their cognitive, behavioral, sensory-motor and emotional competences, and also from external orientation; (c) motivation and involvement do influence learning; (d) learning is a process of acquaintance with concepts, connections between concepts and preconceptions; (e) exploring abstract concepts with digital interfaces allows students to a better visualization and also to predict and test hypotheses in an interactive environment, promoting new acquisitions, namely working on the preconceptions.

Thus, on the present study we implemented and analyzed the use of a pedagogical device combining a computer simulator programmed in *VPython* together with an Interactive Whiteboard to teach Mechanics concepts. A case study focused on this device was developed in two secondary schools in the center of Portugal, aiming to learn and understand in depth and under different perspectives our object. We selected a mixed approach combining the phenomenological and the quasi-experimental views and the triangulation of data from teachers' interviews, students' surveys and test results and classroom observations (direct and supported by video recordings).

The results show that the pedagogical device has great potential in promoting Mechanics concept learning, conceptual change, and students' motivation and participation. Also it lead the involved teachers to change their attitudes related to this teaching strategies and to improve their pedagogical practices.

The educational system changes only very slowly and we still find in schools an emphasis on mechanical learning, in which Physics teaching makes too much use of formulas and their application. We believe that if schools have access to powerful new insights about learning and to new digital educational tools, as well as resources that support meaningful conceptual learning, as common and easy to use as a pencil and a paper, this scenario could be changed.

Keywords: computational simulations, interactive whiteboard, teaching Mechanics, conceptual learning, ICT skills of teachers.

ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO	21
I – PRIMEIRA PARTE – ENQUADRAMENTO TEÓRICO	30
CAPÍTULO 1 – ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA	31
1.1 Breve contextualização do ensino da Física no ensino secundário em Portugal.....	31
1.2 Dificuldades no ensino e aprendizagem da Física.....	37
1.3 As pré-concepções no ensino e aprendizagem da Física.....	45
CAPÍTULO 2 – AS TECNOLOGIAS NO ENSINO	53
2.1 O cenário da implementação das TIC na Educação em Portugal.....	54
2.2 As TIC no ensino e aprendizagem da Física: um olhar sobre os RED.....	65
2.3 Simuladores computacionais	72
2.4 O quadro interativo no apoio ao ensino e aprendizagem.....	79
II – SEGUNDA PARTE – ESTUDO EMPÍRICO	88
CAPÍTULO 3 – DISPOSITIVO PEDAGÓGICO PROPOSTO	89
3.1 Simulador computacional	90
3.2 Quadro interativo.....	94
3.3 Guião de exploração didática	96
CAPÍTULO 4 – LINHAS METODOLÓGICAS DA INVESTIGAÇÃO	99
4.1 Caracterização do objeto de estudo	99
4.2 Caracterização do estudo desenvolvido.....	102
4.2.1 Tipo de estudo quanto ao modo de abordagem	102
4.2.2 Tipo de estudo quanto ao objetivo geral.....	105
4.2.3 Tipo de estudo quanto aos procedimentos técnicos.....	106

4.3 Instrumentos e procedimentos de recolha de dados	109
4.3.1 Entrevista	111
4.3.2 Questionários	116
4.3.3 Observação	120
4.3.4 Dados documentais	123
4.3.5 Dados audiovisuais: registos em vídeo.....	124
4.4 Contexto e participantes	126
4.4.1 Caracterização das escolas.....	126
4.4.2 Caracterização dos professores participantes	130
4.4.3 Caracterização das turmas participantes.....	131
4.5 Procedimentos de análise dos dados.....	135
4.5.1 Análise dos dados qualitativos	136
4.5.2 Análise dos dados quantitativos	139
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS	141
5.1 Características das escolas.....	141
5.2 Práticas docentes.....	144
5.3 Perceções sobre as turmas	147
5.4 Relações com a disciplina de Física	152
5.5 Pré-concepções e dificuldades concetuais.....	155
5.6 Perceções sobre o simulador computacional	181
5.7 Perceções sobre o QI	189
5.8 Perceções sobre a intervenção pedagógica.....	195

5.9 Percepções sobre o dispositivo pedagógico.....	201
CONCLUSÕES.....	207
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	217
ANEXOS	234

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Entrevistas.....	235
Anexo 1.1 Guião de entrevista às professoras antes da intervenção	236
Anexo 1.2 Guião de entrevista às professoras após a intervenção	239
Anexo 1.3 Grelha de análise de conteúdo das entrevistas	241
Anexo 2 Questionários	262
Anexo 2.1 Modelo dos questionários aplicados aos alunos antes da intervenção.....	263
Anexo 2.2 Modelo dos questionários aplicados aos alunos após a intervenção.....	276
Anexo 3 Dados documentais	291
Anexo 3.1 Planificação de médio prazo de Física e Química A do 10º ano	292
Anexo 3.2 Planificação de médio prazo de Física e Química A do 11º ano	309
Anexo 3.3 Classificações na componente de Física dos alunos participantes.....	323
Anexo 4 Observação de aulas.....	325
Anexo 4.1 Modelo da ficha de observação de aulas	326
Anexo 4.2 Fichas de observação preenchidas antes da intervenção.....	327
Anexo 4.3 Fichas de observação preenchidas durante a intervenção.....	333
Anexo 5 Guião de exploração didática.....	341
Anexo 6 Descrição do processo.....	374

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Principais características das investigações qualitativas, quantitativas e mistas, adaptado de Silva (2013).....	104
Quadro 2 – Caracterização das professoras participantes	131
Quadro 3 – Categorias de respostas dos alunos da Turma A à questão 14 do pré-teste	158
Quadro 4 – Categorias de respostas dos alunos da Turma A à questão 16 do pré-teste	161
Quadro 5 – Categorias de respostas dos alunos da Turma A à questão 17 do pré-teste	163
Quadro 6 – Categorias de respostas dos alunos da Turma A à questão 9 do pós-teste	165
Quadro 7 – Categorias de respostas dos alunos da Turma A à questão 13 do pós-teste	168
Quadro 8 – Categorias de respostas dos alunos da Turma A à questão 14 do pós-teste.....	169
Quadro 9 – Categorias de respostas dos alunos da Turma B à questão 11 do pré-teste	171
Quadro 10 – Categorias de respostas dos alunos da Turma B à questão 14 do pré-teste.....	173
Quadro 11 – Categorias de respostas dos alunos da Turma B à questão 15 do pré-teste	174
Quadro 12 – Categorias de respostas dos alunos da Turma B à questão 10 do pós-teste	177
Quadro 13 – Categorias de respostas dos alunos da Turma B à questão 13 do pós-teste	179
Quadro 14 – Algumas transcrições da ficha de observação da intervenção pedagógica da Escola A sobre o simulador computacional	188
Quadro 15 – Algumas transcrições da ficha de observação da intervenção pedagógica da Escola B sobre o simulador computacional.....	188

Quadro 16 – Algumas transcrições da ficha de observação da intervenção pedagógica da Escola A sobre o QI.....	194
Quadro 17 – Algumas transcrições da ficha de observação da intervenção pedagógica da Escola B sobre o QI.....	195

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores sobre os problemas do Ensino e da Aprendizagem de Física	42
Tabela 2 – Algumas pré-concepções de força e movimento e de energia.....	51
Tabela 3 – Limitações à modernização tecnológica do ensino – principais conclusões do estudo diagnóstico do PTE	57
Tabela 4 – Eixos de atuação e principais projetos do PTE.....	58
Tabela 5 – Relação aluno/computador e relação aluno/computador com ligação à Internet, em escolas dos ensinos básico e secundário regular, no Continente (2001/2001; 2004/2005 – 2014/2015).....	60
Tabela 6 – Número de escolas com QI e sem QI, em Portugal Continental, nos anos letivos de 2006/2007 a 2014/2015.....	61
Tabela 7 – Funções do simulador computacional elaborado.....	92
Tabela 8 – Categorias de respostas à questão 14 do pré-teste, Turma Experimental A	160
Tabela 9 – Categorias de respostas à questão 14 do pré-teste, Turma Controlo A	160
Tabela 10 – Categorias de respostas à questão 16 do pré-teste, Turma Experimental A.	162
Tabela 11 – Categorias de respostas à questão 16 do pré-teste, Turma Controlo A	162
Tabela 12 – Categorias de respostas à questão 17 do pré-teste, Turma Experimental A	164
Tabela 13 – Categorias de respostas à questão 17 do pré-teste, Turma Controlo A	164
Tabela 14 – Categorias de respostas à questão 9 do pós-teste, Turma Experimental A	166
Tabela 15 – Categorias de respostas à questão 9 do pós-teste, Turma Controlo A.....	167
Tabela 16 – Categorias de respostas à questão 14 do pós-teste, Turma Experimental A	170
Tabela 17 – Categorias de respostas à questão 14 do pós-teste, Turma Controlo A.....	170

Tabela 18 – Categorias de respostas à questão 11 do pré-teste, Turma Experimental B	172
Tabela 19 – Categorias de respostas à questão 11 do pré-teste, Turma Controlo B	173
Tabela 20 – Categorias de respostas à questão 14 do pré-teste, Turma Experimental B	174
Tabela 21 – Categorias de respostas à questão 14 do pré-teste, Turma Controlo B	174
Tabela 22 – Categorias de respostas à questão 15 do pré-teste, Turma Experimental B	176
Tabela 23 – Categorias de respostas à questão 15 do pré-teste, Turma Controlo B	176
Tabela 24 – Categorias de respostas à questão 10 do pós-teste, Turma Experimental B	179
Tabela 25 – Categorias de respostas à questão 10 do pós-teste, Turma Controlo B	179
Tabela 26 – Categorias de respostas à questão 13 do pós-teste, Turma Experimental B	180
Tabela 27 – Categorias de respostas à questão 13 do pós-teste, Turma Controlo B	180

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Elementos componentes do QI	80
Figura 2 – Representação do dispositivo.....	89
Figura 3 – Écran principal do simulador computacional	91
Figura 4 – Écran do simulador computacional, gráficos das energias em função do tempo.....	93
Figura 5 – Écran do simulador computacional, gráficos da posição e velocidade em função do tempo.....	93
Figura 6 – QI e <i>software</i> utilizado neste estudo.....	95
Figura 7 – Imagem do guião de exploração didática elaborado.....	96
Figura 8 – Imagem da utilização do dispositivo pedagógico projetado.....	97
Figura 9 – Plano clássico da intervenção.....	108
Figura 10 – Projeto de triangulação concomitante (adaptado de Creswell, 2010)	110
Figura 11 – Esquema da triangulação realizada no decorrer deste estudo	111
Figura 12 – Análise de dados na pesquisa qualitativa (Creswell, 2010, p. 218).	137

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução das médias na 1ª fase do exame nacional de Física entre 2010 e 2016	35
Gráfico 2 – Percentagens das reprovações dos alunos internos na 1ª fase do exame nacional de Física entre 2010 e 2016.....	35
Gráfico 3 – Diferença entre as médias da classificação no exame e a classificação interna final entre 2010 e 2016.....	36
Gráfico 4 – Número de escolas com QI e sem QI, em Portugal Continental, nos anos letivos de 2006/2007 a 2014/2015.....	61
Gráfico 5 – Percentagem total das escolas com QI e sem QI, em Portugal Continental, nos anos letivos de 2006/2007 a 2014/2015	62
Gráfico 6 – Número total de QIs nas escolas públicas de Portugal Continental, nos anos letivos de 2006/2007 a 2014/2015.....	62
Gráfico 7 – Percentagem total de QIs nas escolas públicas de Portugal Continental, nos anos letivos de 2006/2007 a 2014/2015	63
Gráfico 8 – Número médio de QIs por escolas públicas de Portugal Continental, nos anos letivos de 2006/2007 a 2014/2015	63
Gráfico 9 – Distribuição percentual dos alunos participantes por ano de escolaridade	132
Gráfico 10 – Distribuição do número de alunos inscritos na disciplina de Física e Química A de cada uma das turmas do 10º e 11º anos de escolaridade participantes, no ano letivo 2016/2017	132
Gráfico 11 – Distribuição percentual, por turma, da média das idades dos alunos participantes.....	133
Gráfico 12 – Distribuição percentual, por género, dos alunos participantes.....	133
Gráfico 13 – Distribuição percentual, por género e por turma, dos alunos participantes	134
Gráfico 14 – Distribuição percentual dos alunos participantes inscritos pela primeira vez na disciplina de Física-Química A do 10º ano	134

Gráfico 15 – Distribuição percentual dos alunos participantes inscritos pela primeira vez na disciplina de Física-Química A do 11º ano	135
Gráfico 16 – Apreciação pelos alunos participantes da qualidade da Escola A.....	143
Gráfico 17 – Apreciação pelos alunos participantes da qualidade da Escola B	144
Gráfico 18 – Apreciação do aproveitamento escolar global da Turma A, segundo os alunos.....	149
Gráfico 19 – Apreciação do aproveitamento escolar global da Turma B, segundo os alunos.....	150
Gráfico 20 – Apreciação do comportamento global da Turma A, segundo os alunos..	150
Gráfico 21 – Apreciação do comportamento global da Turma B, segundo os alunos ..	151
Gráfico 22 – Distribuição percentual por turma do gosto pela componente de Física, segundo os alunos.....	153
Gráfico 23 – Distribuição percentual por turma da frequência de apoio extracurricular em Física, segundo os alunos	154
Gráfico 24 – Distribuição percentual por turma, da frequência com que os alunos estudam a componente de Física, segundo os alunos.....	155
Gráfico 25 – Distribuição percentual por turma da apreciação do aproveitamento na componente de Física, segundo os alunos	155
Gráfico 26 – Distribuição percentual por turma das categorias de respostas dos alunos à questão 9 do pós-teste.....	167
Gráfico 27 – Distribuição percentual por turma das categorias de respostas dos alunos à questão 13 do pós-teste.....	168
Gráfico 28 – Distribuição percentual por turma do principal objetivo do uso de um simulador computacional, segundo os alunos	186
Gráfico 29 – Distribuição percentual por turma da avaliação do simulador computacional, segundo os alunos	187
Gráfico 30 – Distribuição percentual por turma da principal vantagem do QI, segundo os alunos	192

Gráfico 31 – Distribuição percentual por turma da avaliação do uso do QI, segundo os alunos.....	193
Gráfico 32 – Distribuição percentual por turma da percepção pelos alunos do envolvimento durante a intervenção pedagógica.....	199
Gráfico 33 – Distribuição percentual por turma da percepção pelos alunos da aprendizagem durante a intervenção pedagógica	200
Gráfico 34 – Média das classificações de frequência nos testes teóricos na componente de Física, das turmas experimental e controlo, da Escola A	201
Gráfico 35 – Média das classificações de frequência nos testes teóricos na componente de Física, das turmas experimental e controlo, da Escola B.....	202
Gráfico 36 – Distribuição percentual por turma da avaliação pelos alunos da combinação do simulador computacional e QI utilizada na intervenção pedagógica	205

SIGLAS

AE – Agrupamentos de Escolas

ENAs – Escolas Não Agrupadas

CE – Classificação no Exame

CIF – Classificação Interna Final

CRIE – Equipa de Missão Computadores, Redes e Internet na Escola

CPTe – Coordenadores do Plano Tecnológico da Educação

DGE – Direção-Geral da Educação

DGEEC – Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência

GEPE – Gabinete de Estatística e Planeamento Educacional

IAVE – Instituto de Avaliação Educativa

IP – *Internet Protocol*

ME – Ministério da Educação

MEC – Ministério da Educação e Ciência

MINERVA – Meios Informáticos no Ensino: Racionalização, Valorização, Atualização

OECD – *Organisation for Economic Co-operation and Development*

OECD/CERI – *Organisation for Economic Co-operation and Development /Center for Educational Research and Innovation*

PISA – *Programme for International Student Assessment*

PhET – *Projeto Simulações Interativas*

PTE – Plano Tecnológico da Educação

QI – Quadro Interativo

RED – Recurso educativo digital

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

TIMSS – *Trends in International Mathematics and Science Study*

uARTE – unidade de Apoio à Rede Telemática Educativa

INTRODUÇÃO

Nesta seção expomos os fundamentos da nossa tese “**Simulador no Quadro Interativo: Impactos no Ensino e Aprendizagem da Física**”. Para tal, apresentamos o estudo, após explicitarmos as questões-problema e os objetivos. Finalmente, expomos a estrutura da tese.

A nossa vida sempre foi a Escola. Foi lá que iniciámos a construção dos primeiros conhecimentos científicos, foi lá que fizemos amigos, que tivemos professores de que até hoje nos lembramos, foi também lá que aprendemos a ser cidadãos atuantes na sociedade e foi também nesse local que vimos algumas carências, de tal forma que ao terminarmos o ensino obrigatório, fomos à busca das soluções. Queríamos entender o porquê dessas carências, o porquê das dificuldades de aprendizagem, o porquê dos problemas existentes na escola e, assim, fomos levados a prosseguir cada vez mais os nossos estudos. Tornámo-nos professores, sempre preocupados com a escola que tínhamos, continuamente em busca de fazermos algo mais pelos nossos alunos. Por isso, a necessidade de melhorar os resultados, de garantir a aprendizagem eficaz, de inserir novas metodologias e estratégias de ensino, tornou-se um desafio diário. Buscámos então novas formações e novos saberes, sempre com o olhar voltado para a escola que tínhamos e a escola que queríamos.

Neste percurso, a sociedade, o mercado de trabalho, a escola, o professor, o aluno com que nos deparámos ao longo da nossa formação com certeza não eram os mesmos de quando frequentámos a escola. Esta mudança ocorreu devido à crescente evolução das tecnologias da informação e comunicação (TIC). Há todo um sistema a tentar acompanhar esta evolução tecnológica acelerada da sociedade contemporânea, exigindo que cada vez mais a saibamos manipular e utilizar de forma inteligente,

competente e proveitosa. O computador é hoje, sem dúvida nenhuma, parte integrante da sociedade contemporânea, sendo inquestionável o seu enorme potencial nos diversos setores de atividade.

Consequentemente, é quase impossível pensar o ensino na sociedade atual sem TIC (Chatfield, 2013). Os progressos tecnológicos que constantemente vão surgindo fomentam a necessidade da escola encontrar novas propostas que preparem melhor os alunos para enfrentar os desafios futuros. Carece então estudo e reflexão sobre o assunto e, principalmente, a escola repensar o seu papel neste novo contexto social.

A escola está a receber novas gerações de alunos, que nascem praticamente conectados ao mundo virtual, o que implica a necessidade de encontrar novas propostas que preparem melhor os alunos para enfrentar os futuros desafios que se lhes colocam. O sistema educacional vê-se então 'forçado' a adaptar-se e a agregar, no seu espaço e nas suas práticas, recursos tecnológicos cada vez mais variados e avançados.

Neste contexto de mudança o papel do professor encontra novos desafios, a par da intensa participação dos alunos, quer individualmente, quer coletivamente. A escola cada vez mais tem a função de preparar os jovens para aprenderem ao longo da vida e para serem intervenientes na sociedade, pois qualquer organização exige, nos dias de hoje, profissionais com uma sólida base científica e técnica e capazes de se adaptarem a contextos cada vez mais imprevisíveis e dinâmicos.

No Currículo Nacional do Ensino Básico de Portugal é reconhecida a mudança tecnológica acelerada e a globalização do mercado, dois fatores que exigem cidadãos com uma educação abrangente em várias áreas, bem como uma capacidade de aprender ao longo da vida.

Em suma, o novo papel da escola e de todos os agentes que nela estão envolvidos, associado ao desenvolvimento tecnológico, torna necessária a criação de novos ambientes de aprendizagem, que priorizem o envolvimento ativo dos alunos, fomentando uma visão sistémica da realidade, em que as diferentes disciplinas e áreas do conhecimento surjam como partes interligadas de um todo.

O ensino da Física que, para nós, sempre foi mais do que uma opção de vida, conjugando um gosto e uma paixão, pode contribuir para ultrapassar as carências presentes na escola, muitas delas impostas pela sociedade atual, uma vez que pode

envolver a dinamização de atividades nas quais os alunos desempenhem um papel central.

Para Teodoro, Schwartz e Neves (2012), o ensino da Física requer a relação constante entre fenômenos físicos e modelos matemáticos para o seu aprendizado. Porém, muitas vezes é praticado com elevado grau de abstração, dando maior ênfase à resolução de equações nas situações-problema, incidindo mais na Matemática do que na própria Física, deixando de lado os fenômenos físicos envolvidos e comprometendo assim o desenvolvimento conceitual. Conseqüentemente, o aprendizado acaba por acontecer de maneira incompleta: vago, de um lado, de conceitos físicos e, por outro, usando problemas quase matemáticos que muitas vezes são resolvidos de forma mecânica, sem qualquer relação com a disciplina.

Por conseguinte, a Física é uma das disciplinas na qual os alunos apresentam maiores dificuldades conceituais (J. B. Lopes, 2004) apresentando pré-concepções preocupantes a serem trabalhadas ao longo do percurso nesta disciplina. Chamamos particular atenção para o estudo da Mecânica, que é um domínio primordial para a aprendizagem da disciplina, sendo a área em que mais são comuns as pré-concepções (Foisy, Potvin, Riopel & Masson, 2015).

Para Bezerra, Gomes, Melo e Sousa (2009), o ensino de Física no Ensino Secundário só se justifica se puder contribuir para a formação de cidadãos críticos, com raciocínio lógico, capazes de questionar a realidade, interagir com a sociedade, resolver problemas, identificando fenômenos, selecionando procedimentos e verificando a sua adequação. Para tanto, são exigidas mudanças relativas aos aspectos metodológicos adotados nas aulas, aos recursos didáticos e aos conteúdos, melhorando a qualidade no ensino da Física.

Essas mudanças metodológicas e didáticas estão contempladas nos programas ministeriais. O programa de Física e Química A, dos 10º e 11º anos (MEC, 2014), valoriza a utilização de estratégias e recursos tais como: calculadoras gráficas, atividades laboratoriais e também, embora sucintamente, a simulação na resolução de questões-problema. É explícito neste documento que o desenvolvimento pretendido das competências de literacia científica passa pela realização de atividades utilizando essas estratégias, buscando assim o sucesso na aprendizagem. No entanto, muitas vezes, isto parece não acontecer pois, como destacam Fiolhais e Trindade (2003, p.259), “entre as razões do insucesso na aprendizagem em Física, são em geral apontados aos professores

métodos de ensino desajustados das teorias da aprendizagem mais recentes e não utilização dos meios mais modernos”.

No ensino da Mecânica os alunos apresentam muitas dificuldades em relacionarem o movimento de corpos com a respectiva representação gráfica e vice-versa. Neste contexto, as tecnologias informáticas têm assumido um papel importante para o ensino desta disciplina, desenvolvendo-se várias ferramentas e propostas que utilizam os recursos da realidade virtual.

Um exemplo de recursos educativos digitais (RED) que podem vir a ser bastante úteis no ensino da Física são os simuladores computacionais. Estes podem ser definidos como o processo de conceção de modelos de sistemas reais ou imaginários e a realização de experiências com esses modelos (Smith, 2000). O uso de simulações computacionais beneficia a educação, permitindo que uma tarefa seja executada sem os inconvenientes que existem no mundo real, permitindo ao aluno realizar as tarefas inúmeras vezes, testar hipóteses, sem medo de falhar ou de cometer erros. Jimoyiannis e Komis (2001), Jonassen, Howland, Moore e Marra (2003) e Rutten, van Joolingen e van der Veen (2012) apontam que o uso pedagógico da simulação pode ajudar a introduzir um novo tópico, construir conceitos ou competências, reforçar ideias ou fornecer reflexão e revisão final.

Outra tecnologia presente no ambiente educacional é o quadro interativo (QI). A sua utilização pode oferecer vantagens ao ensino, em especial ao ensino da Física, ao proporcionar transformações na forma de ministrar a disciplina, na interação e no envolvimento dos alunos. Glover, Miller, Averis e Door (2007) apresentam o QI como um recurso de mediação entre as atividades propostas pelo professor e a compreensão e a assimilação destas pelos alunos, auxiliando no desenvolvimento de práticas inovadoras de ensino e de aprendizagem.

Atualmente encontramos várias pesquisas sobre a sua utilização no ensino da Matemática, porém, existem poucos estudos relacionados com os benefícios do seu uso no ensino da Física. Também o *software* que acompanha os QI e o encontrado no mercado apresentam recursos e materiais para se trabalhar a Matemática, mas com muita limitação de *software* proprietário para a Física. Como consequência disto tem-se a necessidade de buscar outros recursos e combiná-los com o QI para suprir esta limitação.

Diante do exposto, tendo em vista a necessidade de se buscar metodologias, recursos e estratégias educacionais que possam superar as limitações, procura-se com este estudo investigar e avaliar de que maneira a utilização de um *software* aberto de simulação computacional, combinado com um QI no contexto de sala de aula, poderá contribuir para o aprimoramento dos processos de ensino e de aprendizagem da Física, fazendo uma intervenção com recurso a simulador e QI para o ensino de temas da Mecânica.

Tendo em conta o que referimos até aqui, clarificamos, desde já, que o âmbito da presente investigação é o contributo da utilização das TIC no contexto do ensino e da aprendizagem da Física e que a nossa finalidade é analisar e discutir as condições em que a combinação de duas ferramentas tecnológicas, simulador computacional e QI, poderá contribuir para o ensino e aprendizagem de conceitos da Física, nomeadamente em temas da Mecânica.

Partindo da questão central “*Quais as implicações educacionais que decorrem do uso, no contexto de sala de aula, de um simulador computacional combinado com um QI, em temas da Mecânica?*” pretendemos dar resposta às seguintes questões-problema: Quais as atitudes dos professores e dos alunos face à utilização do dispositivo pedagógico neste contexto? Qual a eficácia do uso do simulador computacional no ensino e na aprendizagem da Mecânica, quando utilizado com um QI?

As questões enunciadas relacionam-se com os seguintes pontos fulcrais, que enquadram e justificam a pertinência do problema selecionado: a comunidade científica, as comunidades escolares e os governos reconhecem a importância dos recursos digitais no ensino das Ciências; as mais recentes reformulações e revisões curriculares nas disciplinas de Ciências, em especial a Física, contemplam o uso de recursos digitais, como simuladores, por exemplo; a aprendizagem de conceitos de Mecânica é de suma importância para o estudo de outros tópicos da Física; a Mecânica é uma das áreas da Física que apresenta maior índice de conceções incorretas e também resistentes à mudança; as escolas encontram-se apetrechadas de ferramentas e recursos digitais, porém é reduzida a sua utilização; a simulação permite ao aluno que este formule e teste hipóteses, validando-as ou não; o QI é um excelente recurso para usar um *software* de simulação no contexto de sala de aula; e ao utilizar a simulação o professor potencia a interação na aula, proporcionando debates e discussões sobre os temas.

Atendendo à pertinência dessa investigação temos como alguns dos nossos objetivos: desenvolver e implementar um dispositivo pedagógico para exploração de conceitos da Mecânica; analisar as implicações decorrentes, ao nível dos processos e dos resultados; avaliar a evolução das atitudes docentes e discentes na intervenção; avaliar a evolução dos conhecimentos dos alunos e aferir ganhos, após a intervenção; descrever boas práticas de utilização das TIC no ensino da Física.

Esta investigação compreende diversas opções metodológicas. A principal abordagem adotada é a pesquisa fenomenológica, que é uma forma de pesquisa orientada para a descoberta de significados expressos pelos sujeitos sobre as suas experiências, e que permitiu à investigadora integrar a sua vivência nesta investigação. Tínhamos a intenção de conhecer e compreender diferentes factos, atitudes, conhecimentos, opiniões e pontos de vista sobre o nosso objeto de estudo, nomeadamente através dos discursos produzidos durante entrevistas realizadas às professoras, respostas aos questionários aplicados aos alunos, dados relativos às classificações dos alunos dos 10º e 11º anos de escolaridade, dados de observação de aulas e de registos em vídeo como apoio às observações diretas.

Assim, realizámos uma abordagem empírica de estudo de caso, onde aplicámos e analisámos o dispositivo pedagógico (nosso objeto de estudo) em duas escolas, com duas professoras, quatro turmas (duas do 10º ano e duas do 11º ano) e 74 alunos.

O trabalho de campo começou desde a elaboração do projeto da presente tese. Foram muitas sessões de trabalho, onde nos reuníamos com as professoras, discutíamos e refletíamos sobre o dispositivo. A escolha das professoras que participariam neste estudo foi devida a serem profissionais com considerável experiência em sala de aula, preocupadas e implicadas no ensino da Física, abertas ao diálogo, sempre em busca de novas estratégias de ensino para despertar o interesse, a motivação e o envolvimento dos seus alunos, e que estavam dispostas a trabalhar connosco no decorrer desta investigação.

Nas primeiras sessões, falámos sobre os temas de Física em que os alunos mais apresentam dificuldades e onde são mais visíveis as pré-concepções, na visão destas docentes. Decidimos assim qual o melhor conteúdo a abordar no simulador e que estilo/formato este deveria ter para que viesse a auxiliar o trabalho em sala de aula.

Desde o primeiro momento, observou-se a resistência de ambas as professoras em trabalhar no QI.

O simulador foi pensado, planejado e elaborado conforme as reflexões levantadas pelas professoras (Veraszto, J. T. Camargo, Lopes, Santos & E. P. Camargo, 2015). Ambas participaram em todo o processo com muita motivação e entusiasmo. A cada sessão mostrava-se às docentes como estava o simulador e ambas indicavam as melhorias que deveriam ser feitas, e o que gostariam que se acrescentasse, ou retirasse, para que pudessem trabalhar de uma forma proveitosa em sala de aula. Portanto, o simulador computacional elaborado no presente estudo foi pensado e projetado com base nas experiências das professoras e naquilo que acreditam que realmente faça o diferencial no ensino e aprendizagem da Física.

Foi um trabalho longo, com muitas trocas de experiências, rico em interações, diálogo e motivação, onde podemos, enquanto investigadores, vivenciar um pouco as suas práticas, as suas angústias, limitações, desejos e alegrias. Quanto ao uso do QI, também se trabalhou bastante com ambas as professoras, para que percebessem a mais-valia deste recurso para o ensino da Física e, por conseguinte, para que ocorresse a mudança de paradigma, pois ambas não o viam como uma tecnologia que pudesse auxiliar no ensino e na aprendizagem.

Com base nas considerações acima, trata-se de um estudo que se justifica por duas razões fundamentais: o nosso interesse pela temática em causa, por se tratar de um estudo no âmbito da área científica relacionada com a nossa formação inicial e, por essa razão, poder afetar diretamente a nossa prática docente; a relevância e a pertinência que esta temática assume no ensino e aprendizagem da Física.

A relevância deve-se ao facto das TIC continuarem a assumir uma importância reconhecida no ensino e aprendizagem da Física, tornando-se importante averiguar e compreender em que medida poderá a combinação do QI com um simulador computacional favorecer a articulação entre diferentes tipos de saberes (as pré-concepções e os saberes científicos ensinados pela escola). Isto, por um lado, contribuirá para a análise e partilha de experiências de ensino e de aprendizagem, que podem ajudar a compreender melhor os contextos educativos e, por outro, poderá ser fonte de informação sobre métodos, estratégias e recursos que poderão ser úteis para aplicação nas salas de aulas com o objetivo de tornar mais eficaz o ensino de conceitos que tradicionalmente são de mais difícil compreensão. Por sua vez, a pertinência justifica-se

por se tratar de um assunto potencialmente inovador, uma vez que na pesquisa bibliográfica que efetuámos não encontramos referências a estudos que discutissem a combinação destas duas ferramentas tecnológicas no ensino e aprendizagem da Física. Assim, parece-nos que este tema é relevante, pertinente e não explorado, contendo potencial para gerar novo conhecimento.

Assim, podemos afirmar que o presente estudo pretende contribuir para a análise das condições do trabalho docente em sala de aula e, conseqüentemente, para a promoção de um ensino eficaz, promovendo melhores resultados dos discentes.

Da investigação realizada nesta tese resultou já a apresentação de trabalhos em alguns eventos científicos e respetiva publicação¹.

Após esta introdução, o presente trabalho está organizado em duas partes e cinco capítulos. Na primeira parte, nos dois primeiros capítulos, apresentamos o enquadramento teórico e concetual, no quadro do estado da arte sobre o tema. Constituindo a segunda parte, os três capítulos seguintes referem-se ao estudo empírico propriamente dito. Finalmente apresentamos as conclusões do estudo, que incluem as respetivas limitações, bem como sugestões para possíveis trabalhos futuros sobre esta temática.

Procedemos, agora, a uma breve descrição dos aspetos abordados em cada seção.

No Capítulo 1 abordamos o ensino da Física. Iniciamos o capítulo contextualizando o ensino da Física no ensino secundário em Portugal, como é organizado, os objetivos, as orientações gerais, como ocorre a avaliação interna e externa e apontamos alguns dados referentes ao exame nacional de Física nos últimos sete anos. Apresentamos também uma revisão sobre outras avaliações externas a nível internacional. Descrevemos as principais dificuldades dos alunos nesta disciplina presentes na literatura e finalizamos o capítulo com uma breve abordagem à temática das pré-concepções.

¹ HOPE Annual Forum 2015; TicEduca2016; 2nd World Conference on Physics Education; VI International Conference on New Perspectives in Science Education; Challenges 2017. Os trabalhos foram publicados em livros de atas e *proceedings* - as referências encontram-se na lista bibliográfica desta tese (Machado, Alberto & Nascimento, 2015; Machado, Alberto & Nascimento, 2016; Machado, Alberto & Nascimento, 2017a; Machado, Alberto & Nascimento, 2017b).

No Capítulo 2 procuramos reunir aspetos referidos na literatura da especialidade acerca das TIC no ensino e da sua importância nos processos de ensino e aprendizagem. Apresentamos, de forma breve, como ocorreu a inserção das TIC na educação em Portugal, referindo os principais projetos governamentais e alguns dados referentes aos recursos tecnológicos presentes nas escolas. Neste capítulo também apresentamos o enquadramento acerca do entendimento de RED. De seguida, reunimos aspetos sobre o uso de simuladores computacionais e do QI no ensino da Física, apontando os seus principais benefícios e desafios.

No Capítulo 3 apresentamos o dispositivo pedagógico projetado, proposto e analisado nesta investigação, incluindo o simulador computacional produzido, bem como o guião de atividades elaborado.

No Capítulo 4, que corresponde às opções metodológicas do estudo empírico, enunciamos o tipo de estudo, os contextos estudados, os participantes, os instrumentos e procedimentos de recolha de dados e de análise dos mesmos.

No Capítulo 5 procedemos à apresentação dos resultados e à respetiva análise interpretativa, discutindo esses resultados no contexto do referencial teórico, dos objetivos que foram enunciados e das questões-problema formuladas. Discutimos, também, em que medida a combinação dos recursos educativos digitais poderá constituir-se como um dispositivo pedagógico no ensino e na aprendizagem da Física.

Finalmente, fazemos a apresentação das principais conclusões do estudo, bem como das respetivas limitações e, ainda, de sugestões para possíveis trabalhos futuros.

Por fim apresentamos as referências bibliográficas que apoiaram este estudo e um conjunto de anexos referidos ao longo deste trabalho.

PRIMEIRA PARTE

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

CAPÍTULO 1 – ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA

No presente capítulo contextualizamos brevemente o ensino da Física em Portugal, nomeadamente no ensino secundário por ser este o nível de ensino em estudo nesta tese, realizamos um levantamento de como é organizada esta disciplina e o que sugerem os documentos oficiais e, também, apresentamos alguns dados sobre como se encontra o ensino e aprendizagem da Física, através de um levantamento dos resultados de avaliações externas, principalmente no exame nacional. Além disso, efetuámos, uma revisão bibliográfica sobre as dificuldades de aprendizagem na Física, mostrando ser a motivação e o envolvimento dois fatores importantes para a aprendizagem, apresentando alguns indicadores dos principais problemas de ensino e aprendizagem da Física. Para finalizar este capítulo realizamos uma abordagem à temática das pré-concepções associadas a temas da Mecânica.

1.1 Breve contextualização do ensino da Física no ensino secundário em Portugal

No ensino secundário português a componente de Física deve ser pensada e executada tendo como base o regime de organização e funcionamento conforme a Portaria n.º 243/2012, de 10 de agosto. De acordo com esta portaria, a disciplina designada de Física e Química A faz parte da componente específica do curso científico-humanístico de ciências e tecnologias, tendo uma carga letiva semanal mínima de 315 minutos distribuída em sete períodos de 45 minutos.

Em janeiro de 2014 foi homologado o novo programa da disciplina de Física e Química A para os 10.º e 11.º anos, incluindo as metas curriculares, entrando em vigor no ano letivo de 2015/2016, conforme o Despacho n.º 868-B/2014, de 18 de janeiro. Tem-

se em conta neste novo programa as finalidades da disciplina e os objetivos a atingir, que transcrevemos seguidamente do documento oficial (Despacho n.º 868-B/2014, p.3):

No que respeita às finalidades:

- Proporcionar aos alunos uma base sólida de capacidades e de conhecimentos da física e da química, e dos valores da ciência, que lhes permitam distinguir alegações científicas de não científicas, especular e envolver-se em comunicações de e sobre ciência, questionar e investigar, extraindo conclusões e tomando decisões, em bases científicas, procurando sempre um maior bem-estar social.
- Promover o reconhecimento da importância da física e da química na compreensão do mundo natural e na descrição, explicação e previsão dos seus múltiplos fenómenos, assim como no desenvolvimento tecnológico e na qualidade de vida dos cidadãos em sociedade.
- Contribuir para o aumento do conhecimento científico necessário ao prosseguimento de estudos e para uma escolha fundamentada da área desses estudos.

Quanto aos objetivos gerais:

- Consolidar, aprofundar e ampliar conhecimentos através da compreensão de conceitos, leis e teorias que descrevem, explicam e preveem fenómenos assim como fundamentam aplicações.
- Desenvolver hábitos e capacidades inerentes ao trabalho científico: observação, pesquisa de informação, experimentação, abstração, generalização, previsão, espírito crítico, resolução de problemas e comunicação de ideias e resultados nas formas escrita e oral.
- Desenvolver as capacidades de reconhecer, interpretar e produzir representações variadas da informação científica e do resultado das aprendizagens: relatórios, esquemas e diagramas, gráficos, tabelas, equações, modelos e simulações computacionais.
- Destacar o modo como o conhecimento científico é construído, validado e transmitido pela comunidade científica.

Cada uma das componentes, Física e Química, é lecionada em metade do ano letivo, sendo que no 10º ano inicia-se com a componente de Química e no 11º ano com a componente de Física. Quanto à organização dos conteúdos, estes estão separados por domínios e subdomínios em cada componente. A Física do 10º ano tem como domínio Energia e sua conservação e do 11º ano Mecânica, Ondas e Eletromagnetismo.

As metas curriculares apresentadas no novo programa de 2014 permitem identificar as aprendizagens essenciais a realizar pelos alunos, destacando o que deve ser objeto primordial de ensino.

O programa sugere algumas orientações metodológicas gerais, das quais destacamos:

- A abordagem dos conceitos científicos partindo, sempre que possível, de situações contextualizadas e motivadoras, como, por exemplo, avanços da ciência e tecnologia e exemplos do quotidiano.
- A aquisição pelos alunos de métodos de trabalho científico e atitudes adequadas ao trabalho prático-laboratorial.
- A resolução de problemas e exercícios para compreensão de conceitos, leis e teorias.
- O uso de atividades de demonstração usando, por exemplo, recursos de vídeo, animação e simulação computacional.
- O trabalho em grupo.
- Incentivo aos alunos investigarem e refletirem, comunicando as suas aprendizagens oralmente e por escrito.

A avaliação das aprendizagens, que constitui um processo regulador do ensino e da aprendizagem e que orienta o percurso escolar dos alunos e certifica as aprendizagens desenvolvidas, ocorre em Portugal por meio da articulação entre a avaliação interna e a avaliação externa. A avaliação interna é da responsabilidade dos professores e dos órgãos de gestão pedagógica da escola, compreendendo as modalidades diagnóstica, formativa e sumativa; já a avaliação externa nacional é da responsabilidade dos serviços ou organismos do Ministério da Educação (ME) e compreende provas de aferição, provas finais de ciclo e exames finais nacionais, sendo estas últimas apenas realizadas no ensino secundário.

No exame nacional do ensino secundário do ano de 2003 a disciplina de Física teve a mais baixa classificação em relação aos três anos anteriores (6,5 valores), o que preocupou bastante o ME, neste mesmo ano o novo programa de Física e Química A para os 10º e 11º anos tinha sido aprovado e entraria em vigor no ano letivo seguinte

(2004/2005) e estavam a se esperar mudanças significativas para o ensino desta disciplina.

Neste mesmo ano um estudo de diagnóstico, *Livro Branco da Física e da Química – Opiniões dos alunos 2003*, foi realizado por Martins *et al.* (2005) em que foram recolhidas as opiniões de 7900 estudantes dos 9º, 11º e 12º anos dos Ensinos Básico e Secundário sobre a aprendizagem da Física, revelou que menos de 25% dos estudantes inquiridos estudavam com regularidade à medida que os conteúdos são lecionados e a maioria dos estudantes estudava preferencialmente antes dos testes de avaliação, sendo este um padrão predominante nos rapazes, alertando este diagnóstico para a falta de hábitos de estudo, dificultando assim bons desempenhos nas avaliações. Outro objetivo deste estudo foi identificar a motivação dos estudantes para o ensino da Física, não tendo revelado bons resultados, pois apenas 38% dos estudantes inquiridos dos 9º e 11º anos revelaram ter motivação e os dados mostraram que os alunos têm menos motivação para a aprendizagem da Física do que para o estudo da Matemática. As principais razões da falta de motivação apresentadas pelos estudantes foram: considerarem a matéria difícil; as características dos manuais utilizados; a dependência em relação à Matemática; dificuldades de aplicação dos conhecimentos na resolução de problemas; o elevado insucesso escolar no exame nacional comprometendo o ingresso nas opções dos candidatos; considerarem que a formação obtida não será fundamental para o curso que pretendem frequentar; a escola que frequentaram não ter turmas para essa disciplina nesse ano de escolaridade, pois no 12º a disciplina de Física é opcional.

Analisando os resultados nos últimos sete anos dos alunos internos no exame nacional do ensino secundário², 1º fase, a disciplina de Física obteve pela primeira vez em 2016 uma média acima dos 10 valores (numa escala que vai de 0 a 20 valores), sendo a terceira vez que a média é positiva (média igual ou superior a 9,5 valores) (Gráfico 1).

² Todas as informações encontram-se disponíveis no site da Direção-Geral da Educação (DGE), disponível em: <http://www.dge.mec.pt/relatoriosestatisticas-0>

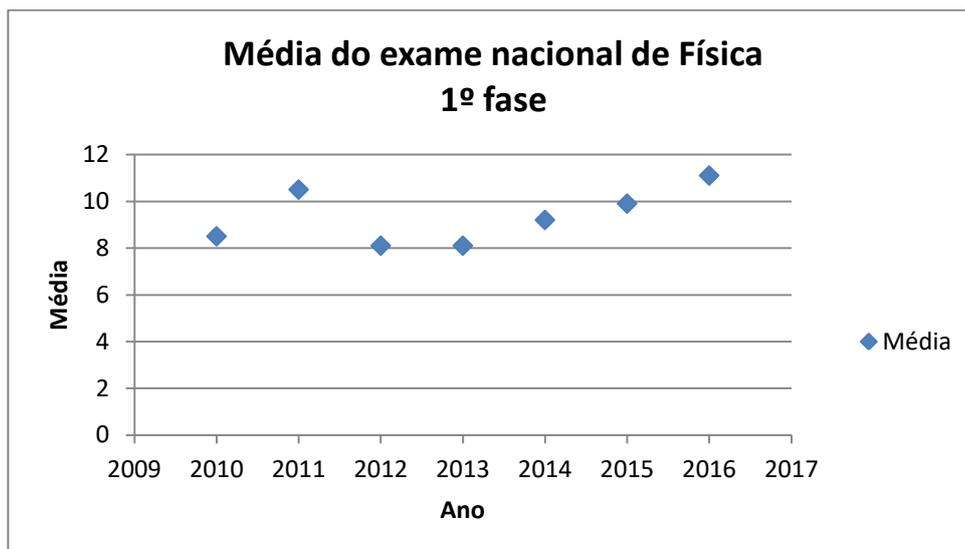
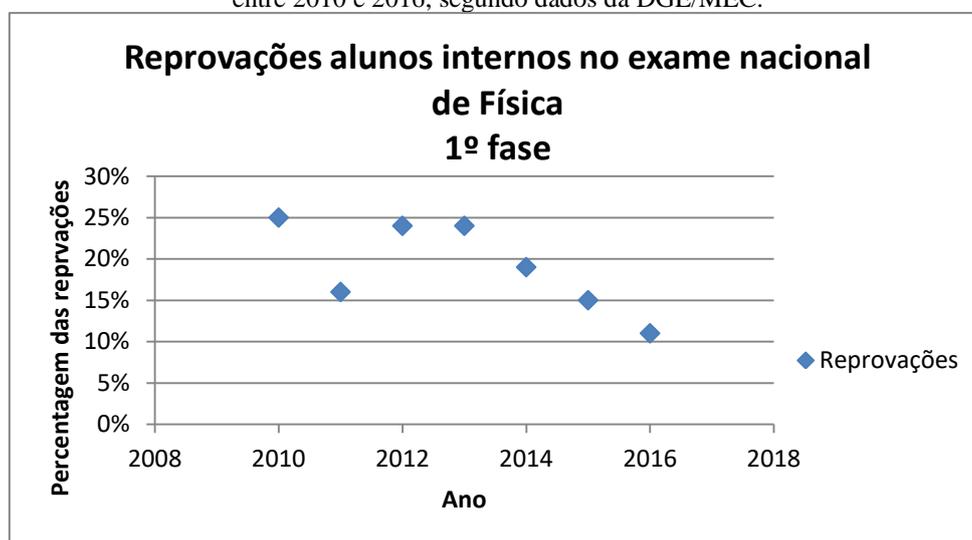


Gráfico 1 – Evolução das médias na 1ª fase do exame nacional de Física entre 2010 e 2016, segundo dados da Direção-Geral da Educação (DGE/MEC).

Como mostra o Gráfico 2, as reprovações em Física no exame nacional, 1ª fase, têm diminuído nos últimos quatro anos.

Gráfico 2 – Percentagens das reprovações dos alunos internos na 1ª fase do exame nacional de Física entre 2010 e 2016, segundo dados da DGE/MEC.



Outro dado apresentado pela DGE/MEC, de grande relevância, são os valores da diferença entre a classificação no exame (CE) e a classificação interna final (CIF), que se podem ver no Gráfico 3.

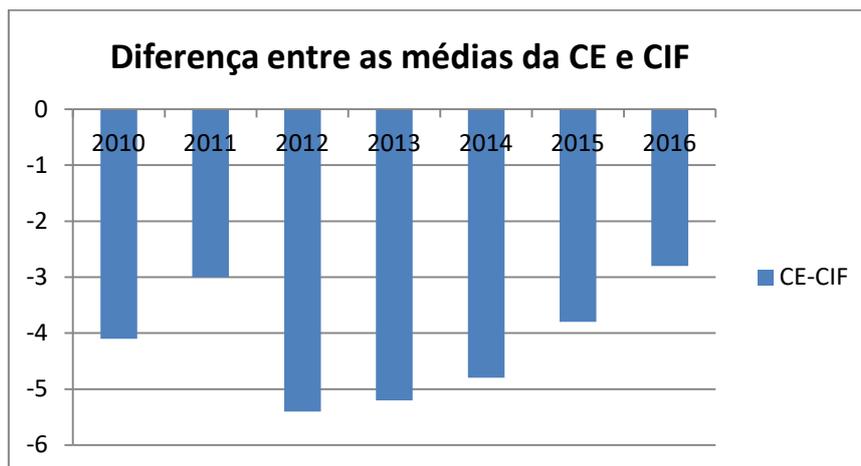


Gráfico 3 – Diferença entre as médias da classificação no exame e a classificação interna final entre 2010 a 2016, segundo dados da DGE/MEC.

Embora sejam dois tipos de avaliação distintos e que se aplicam e desenvolvem em contextos diferentes, cada um com seus objetivos, periodicidade e instrumentos de avaliação, pelas suas características, completam-se e têm isolados e em conjunto, uma função relevante para o sistema de avaliação das aprendizagens. Trata-se de um indicador de grande importância para o estudo das condições do sistema educativo, principalmente no que respeita às metodologias utilizadas para o ensino e aprendizagem.

Há uma ligeira melhoria nos resultados desde o ano de 2013, as médias do exame nacional estão a aumentar progressivamente a cada ano e, as reprovações dos alunos internos bem como as diferenças entre as médias da CE e CIF estão a diminuir. No entanto, há muita coisa a rever no ensino e aprendizagem da Física, pois embora haja melhorias esses resultados ainda não são os desejáveis e isso observamos também nas avaliações externas internacionais.

Nas recentes avaliações externas internacionais do desempenho dos estudantes portugueses do 12º ano, a classificação de Portugal em Física é a quarta melhor entre um grupo de nove países (Eslovénia, Estados Unidos da América, França, Itália, Líbano, Noruega, Portugal, Federação Russa e Suécia), de acordo com os resultados no *Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) Advanced 2015*, classificação divulgada pelo Instituto de Avaliação Educativa (IAVE)³. O TIMSS

³ Relatório *TIMSS Advanced Portugal* disponível em: http://iave.pt/np4/file/310/Relatorio_TA2015.pdf

Advanced é um estudo internacional que avalia os desempenhos de alunos do último ano do ensino secundário, sendo que o TIMSS *Advanced* 2015 é a 3ª edição do estudo e a primeira vez que Portugal participa com 1783 alunos de Física. O TIMSS *Advanced* segue a mesma escala de classificação usada pela *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) nos testes *Programme for International Student Assessment* (PISA), ou seja, varia de zero a mil pontos, sendo que os 500 pontos são considerados a média de referência. Portugal obteve uma pontuação média de 467 em Física, ficando atrás da Noruega (507), Federação Russa (508) e Eslovénia (531). Com classificações inferiores à portuguesa ficaram a Suécia (455), EUA (437), Líbano (410), Itália (374) e França (373).

No entanto, embora neste estudo tenha ficado numa posição considerável o desempenho dos estudantes é preocupante, pois obteve 33 pontos abaixo dos 500 pontos de referência, estando ainda bastante presente o insucesso na disciplina de Física.

Com esses dados sobre os resultados em Física, é indispensável verificar se o ensino é de qualidade, se os conteúdos ensinados são relevantes e primordiais para a formação dos alunos, e se as metodologias de ensino utilizadas pelos professores são adequadas (identificar as boas práticas e comunicar a toda comunidade educativa na tentativa de disseminá-las e identificar as más práticas, procurando superá-las), de forma a que se consiga obter o sucesso esperado.

Sabemos que ensinar e aprender Física sempre foram tarefas consideradas difíceis por professores e alunos (Reif, 2008) apresentando algumas dificuldades que já são do domínio do senso comum (J. B. Lopes, 2004). Essas dificuldades, que muitas vezes levam a desmotivação e, por consequência, também levam ao insucesso desta disciplina, são devidas a vários fatores, dentre os quais destacamos: as dificuldades conceituais, a falta de motivação e envolvimento dos alunos e as estratégias e métodos de ensino adotados em sala de aula.

1.2 Dificuldades no ensino e aprendizagem da Física

Sendo a escola, o percurso escolar, os agentes que ensinam e aprendem, as matérias escolares, variados e diferentes, é natural que surjam dificuldades.

Ensinar e aprender não são tarefas fáceis, conforme destaca Rebelo (2009, p. 34), mas sim bastante exigentes, sendo importantes “da parte de quem as executa, iniciação, preparação, motivação, esforço, aptidões e capacidades”, a sua ausência podendo vir a causar dificuldades ao bom andamento no processo de ensino e de aprendizagem.

O aprender demanda esforço, trabalho, dedicação, persistência, competência cognitiva, comportamental, sensório-motor e emocional. A aprendizagem incide em três domínios diferentes, segundo a *Taxonomia de Bloom*⁴: domínio cognitivo (o saber-saber); domínio afetivo (o saber-ser ou saber-estar); e domínio psicomotor (o saber-fazer). Em cada um desses domínios há também as suas categorias. Embora todos os três domínios tenham sido amplamente discutidos e divulgados, por diferentes pesquisadores e em diferentes momentos, o domínio cognitivo é o mais utilizado.

As categorias definidas por Bloom, Englehart, Furst e Hill (1956) do domínio cognitivo são: conhecimento; compreensão; aplicação; análise; síntese; e avaliação. Essas categorias são cumulativas, ou seja, cada uma depende da anterior e, com isso dá suporte à categoria seguinte. Além disso, os processos categorizados pela *Taxonomia de Bloom* estão organizados de forma gradativa em termos de complexidade dos processos mentais, partindo da mais simples para a mais complexa (Anderson & Krathwohl, 2001).

Segundo uma revisão realizada por Conklin (2005), a *Taxonomia de Bloom* e sua classificação hierárquica (do mais simples para o mais complexo) dos objetivos de aprendizagem têm sido uma das maiores contribuições acadêmicas para os educadores que, conscientemente, procuram meios de estimular, nos seus estudantes, raciocínio e abstrações de alto nível, sem distanciar-se dos objetivos previamente propostos. Para o mesmo autor a taxonomia trouxe a possibilidade de padronização da linguagem no meio acadêmico, neste contexto, instrumentos de aprendizagem puderam ser trabalhados de forma mais integrada e estruturada, considerando, inclusive, os avanços tecnológicos que podiam prover novas e diferentes ferramentas para apoiar no processo de ensino e

⁴ Em 1948 alguns membros da *American Psychological Association* assumiram a tarefa de discutir, definir e criar uma taxonomia dos objetivos de processos educacionais onde Benjamim Bloom assumiu a liderança desse projeto junto de alguns colaboradores, embora todos tenham colaborado significativamente ela ficou conhecida como *Taxonomia de Bloom*.

aprendizagem. A Taxonomia de Bloom foi avaliada e atualizada, nos últimos anos levando em consideração esses avanços, mantendo-se ainda um instrumento adequado.

A atitude dos alunos perante sua aprendizagem depende da aproximação destes ao objeto de estudo, ou seja, o seu envolvimento, têm atitudes positivas quando estão à vontade com o assunto estudado e atitudes negativas ou desfavoráveis quando não estão à vontade.

Na concepção de aprendizagem definida por Robert Gagné, esta é uma mudança tanto de processos internos, que ocorrem no sistema nervoso do ser humano, quanto de eventos externos do meio ambiente. Num processo que permite modificar comportamentos de maneira bastante rápida e de modo mais ou menos permanente, a prova de que a aprendizagem ocorreu consiste na verificação de uma mudança comportamental relativamente persistente. Atos de aprendizagem são antecidos, segundo Gagné (1985), por uma série típica de eventos de aprendizagem a qual se dá por meio de fases, em que destacamos a motivação. Também propõe cinco principais categorias de capacidades humanas, as quais podem ser aprendidas: informação verbal; habilidades intelectuais; estratégias cognitivas; habilidades motoras; e atitudes.

Com isso, para uma mudança de atitude é importante a implementação de uma metodologia de ensino que tenha como meta a mudança de comportamentos, sendo que esta mudança dependerá também da motivação do indivíduo. A motivação representa, segundo Murray (1986, p.20), “um fator interno que dá início, dirige e integra o comportamento de uma pessoa”. Implica uma variedade de processos psicológicos que levam a uma escolha, despoletando um comportamento direcionado a um objetivo e garantindo a persistência desse comportamento (Henderson & Dweck, 1990; Cavenaghi, 2009).

Na visão de Balancho e Coelho (1996, p.17) a motivação é “tudo o que desperta, dirige e condiciona a conduta”. Para Burochovitch e Bzuneck (2004, p.13) “a motivação tornou-se um problema de ponta em educação, pela simples constatação de que, em paridade de outras condições, sua ausência representa queda de investimento pessoal de qualidade nas tarefas de aprendizagem”. Com isso, um aluno motivado tem interesse pelo aprender e a busca por novos conhecimentos, acredita que o conteúdo a ser estudado é importante para a sua formação e desenvolvimento, tem confiança no sucesso de sua aprendizagem e admite que o sucesso depende do seu esforço. Por outro

lado, um aluno desmotivado não apresenta interesse no assunto, não reconhece a importância para a sua formação, tem pouca ou nenhuma confiança no seu sucesso, não acredita que o seu esforço é crucial para o sucesso de sua aprendizagem, por conseguinte, as dificuldades de aprendizagem tornam-se maiores perante um aluno desmotivado. Em concordância, os estudos de Palmer (2007) e Martins *et al.* (2005), destacam que alunos com pouco sucesso são alunos desmotivados. Portanto, a motivação influencia no que os alunos aprendem, quando aprendem e como aprendem e, ao mesmo tempo, o que os alunos aprendem influencia a sua motivação (Schunk, 1995).

Em investigações no âmbito educacional, o envolvimento dos alunos tem sido tema de muito destaque, vindo a ser referenciado como um fator preditor e protetor do sucesso acadêmico (Klem & Connel, 2004; Veiga, Pavlovic, García & Ochoa, 2010).

Para Engle e Conant (2002) os alunos estão envolvidos produtivamente quando são evidentes os progressos no seu conhecimento, e apontam quatro princípios orientadores para promover o envolvimento produtivo dos alunos: encorajar os alunos a dar contribuições intelectuais; torná-los mais ativos nas suas aprendizagens; responsabilizar os alunos, nas boas práticas em sala de aula; providenciar os recursos necessários, bem como o acesso a fontes de informação relevantes (pp. 404-405).

Na literatura existe uma tendência para considerar o envolvimento e a motivação como sinônimos (Turner, 1995; Lai, 2011). Markwell (2007) considera o envolvimento e a motivação como conceitos diferentes, mas intimamente relacionados, uma vez que se influenciam mutuamente, atuando lado a lado. Para este autor, quanto mais motivados se encontram os alunos na escola, mais eles se tornam envolvidos, e, por sua vez, o aumento em termos de envolvimento escolar contribui para reforçar a sua motivação.

Diante disso, é preciso que os professores usem diversas estratégias para garantir a motivação dos estudantes, pois esses podem ser motivados pelo “sucesso, novidade, escolha, relevância, variedade, colaboração, entusiasmo do professor e encorajamento” (Palmer, 2007 p.39).

Festas (2009) descreve que a relação entre dificuldades de ensino e de aprendizagem está no desconhecimento, em muitas práticas de ensino, da forma como

os alunos aprendem. A metacognição é a consciência de si próprio, conhecendo seu próprio processo de aprender, o aprender a aprender (Flavell, 1979).

A metacognição é definida de forma bastante ampla como sendo o conhecimento ou atividade cognitiva que toma como seu objeto a cognição ou que regula qualquer aspecto da iniciativa cognitiva: se refere tanto ao conhecimento metacognitivo como ao monitoramento e à autorregulação cognitivos (Flavell, H. P. Miller, & S. A. Miller, 1999). Considerada elemento chave no processo de aprender a aprender, na aprendizagem autorregulada, é o fator responsável e garante da qualidade e eficácia da aprendizagem, da sua transferência e generalização (Valente, Salema, Morais & Cruz, 1989).

Segundo Rebelo (2009) é através dos agentes humanos que se descobrem as causas das dificuldades, pois são eles os principais intervenientes do processo. Um desses agentes são os professores, que são os grandes responsáveis pela transmissão de saberes e é neles que devemos buscar informações acerca das dificuldades de aprendizagem que os alunos apresentam. Para Valente *et al.* (1989) os alunos que apresentam competências metacognitivas bem desenvolvidas compreendem melhor os objetivos das tarefas, planificam a sua execução, são capazes de aplicar e alterar, conscientemente, estratégias executivas, bem como avaliar o seu próprio processo de execução. Essas informações vão desde como é concebido o ensino pelos professores até ao modo que os alunos aprendem. Se os alunos não aprendem estarão eles a ser convenientemente ensinados, ou as estratégias que são utilizadas para ensinar não estão a ser adequadas? É uma questão que nos faz refletir muito acerca de todo o contexto escolar, sendo alvo de muitas pesquisas.

No estudo de Martins *et al.* (2005), já referido, os estudantes portugueses apontaram sentir dificuldades nas Ciências Físico-Químicas por causa da natureza teórica do ensino, a limitação ou até a falta de aplicações práticas relacionadas com o dia a dia e a demasiada utilização da Matemática. Nesse mesmo estudo, os professores portugueses apontaram que a insuficiência dos conhecimentos matemáticos, bem como o deficiente domínio da Língua Portuguesa pelos alunos, são dois aspetos a considerar para a existência das dificuldades na disciplina.

O ensino de conceitos físicos requer dos alunos conhecimentos não só do domínio da Física, mas também da Matemática, por exemplo. Segundo Teodoro,

Schwartz e Neves (2012), aprender Física é como aprender uma nova linguagem, com palavras que já se conhecem, do uso comum, mas com significados muito precisos. Para estes autores, o cerne do problema de aprender a linguagem da Física é aprender a fazer distinções entre os conceitos, é saber fazer o uso correto da linguagem em contextos distintos.

Indicamos na Tabela 1 alguns dos problemas do ensino e da aprendizagem da Física, na opinião de alunos e professores, identificados por J. B. Lopes (2004).

Tabela 1

Indicadores sobre os problemas do Ensino e da Aprendizagem de Física

Nas opiniões dos alunos:	Nas opiniões dos professores:
A Física tal como é ensinada nas aulas:	Consideram que os alunos:
<ul style="list-style-type: none"> - Não está ligada ao dia a dia; - Recorre demasiado a fórmulas; - Utiliza situações pouco reais; - Utiliza problemas descontextualizados; - Não recorre a experiências. 	<ul style="list-style-type: none"> - Não entendem os problemas, não têm conhecimentos teóricos adequados; - Não têm raciocínio lógico, nem hábitos de trabalho, nem apetência pela Física.
Queixam-se que:	Queixam-se sistematicamente:
<ul style="list-style-type: none"> - A abordagem dos diferentes assuntos é demasiado teórica; - Aprendem mais nos museus de ciência do que na escola; - Não participam nas experiências que eventualmente são feitas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Da falta crónica de meios; - Da extensão dos programas.
	Assumem, sem dificuldade, que:
	<ul style="list-style-type: none"> - O ensino da Física é muito teórico, mas que não tem alternativa face à extensão dos programas e face à inexistência de condições materiais para realizar experiências; - Fazer experiências exige muito mais tempo de preparação.

Nota. Fonte: Adaptado de “Aprender e Ensinar Física” de J. B. Lopes, 2004, p. 85.

O ensino da Física tem de auxiliar os alunos a fazer a relação da Física com o seu cotidiano e mostrar o quão é interessante e motivador o seu estudo, porém, como observamos nos estudos apresentados anteriormente, isso, na visão dos alunos, não está a acontecer ou não está a haver a aprendizagem da disciplina de tal modo que consigam fazer essa relação.

O ensino da Física recorre frequentemente à interpretação de gráficos e com isso a habilidade dos estudantes para interpretá-los é fundamental para a aprendizagem desta disciplina, porém é uma das grandes dificuldades nesta disciplina. Essas dificuldades estão relacionadas com as limitações de ordem cognitiva e, também, com o desconhecimento ou a insuficiência dos conceitos básicos na área em que o gráfico diz respeito, podendo assim essas limitações constituírem um fator impeditivo da sua compreensão, o que limita seriamente a aprendizagem da Física.

Diante disso tem-se dado muita atenção ao assunto e um considerável número de investigações tem ocorrido, de que destacamos: McDermott, Rosenquist e Van Zee (1987); Clement (1989); Thornton e Sokoloff (1990); Brasell e Rowe (1993); Beichner (1994); Araújo, Veit e Moreira (2008b); Planinic *et al.* (2012); Christensen e Thompson (2012).

No estudo realizado por McDermott e colaboradores em 1987 foram analisadas as narrativas de alunos durante o processo de elaboração e análise de gráficos da Cinemática, sendo identificadas dez principais dificuldades dos estudantes, que foram classificadas em duas categorias. A primeira categoria tem a ver com as dificuldades em relacionar gráficos com conceitos físicos e inclui as cinco dificuldades seguintes: discriminar a inclinação e a altura; interpretar mudanças de altura e inclinação; ligar um tipo de gráfico ao outro; comparar a informação narrativa com as características relevantes de um gráfico e interpretar a área sob um gráfico. A segunda categoria compreende as dificuldades em relacionar gráficos com o mundo real e as cinco dificuldades apresentadas pelos alunos são: representar movimento contínuo por uma linha contínua; separar a forma de um gráfico do caminho do movimento; representar uma velocidade negativa num gráfico da velocidade em função do tempo; representar a aceleração constante num gráfico da aceleração em função do tempo e distinguir os diferentes tipos de gráficos de movimento. Em relação à primeira categoria, os autores concluíram que os alunos têm presente uma série de procedimentos como o cálculo de declive, no entanto as dificuldades surgem quando se pretende uma interpretação e descrição detalhada acerca do gráfico ou a comparação entre dois movimentos representados no mesmo gráfico. Na segunda categoria também concluíram que, apesar de estarem acostumados a traçar gráficos a partir de dados, quando sujeitos a um padrão

diferente do habitual no qual tenham que extrair informação ou converter uma situação laboratorial num gráfico ou vice-versa, as dificuldades acentuam-se.

Beichner (1994) em seu estudo identificou seis erros comuns apresentados pelos alunos na interpretação de gráficos da Cinemática: visão de gráficos como uma fotografia do movimento; confusão entre altura e inclinação; confusão entre variáveis cinemáticas; erros quanto à determinação de inclinações de linhas que não passam pela origem; desconhecimento do significado das áreas no gráfico abaixo das curvas cinemáticas e confusão entre área/inclinação/altura.

Face às principais dificuldades dos alunos na interpretação de gráficos, o panorama é bastante problemático, pois o uso de gráficos na explicação de conceitos de Física é de suma importância, os alunos devem ser capazes de compreender a linguagem comunicada pelos gráficos, sendo estes muito utilizados na comunicação científica. Diante disso, é preciso que os professores conheçam as dificuldades que os alunos encontram ao construir e interpretar gráficos e, com isso, encontrem a melhor estratégia de ensino para suprir esta problemática.

Na literatura a maioria dos estudos sobre a construção e interpretação de gráficos, pelos alunos, centra-se no campo da Cinemática. No entanto, Nixon e colaboradores (2016) indicam que há desafios semelhantes na construção de outros gráficos pois, embora sendo a Cinemática um tema fundamental da Física, é apenas um dos muitos tópicos para os quais a representação gráfica é importante para a aprendizagem concetual.

A aprendizagem concetual não se restringe à aprendizagem de conceitos, não deve ser abordada apenas como linguagem verbal e/ou linguagem matemática, inclui competências e conhecimentos diversificados.

Acreditamos que os alunos até conseguem resolver problemas quantitativos sem terem uma compreensão básica das ideias que estão por de trás dos métodos de resolução duma equação. Por exemplo, se for solicitado aos alunos para explicar o significado físico da equação, ou seja, resolver qualitativamente, muitas dificuldades e erros concetuais surgem. Conforme citam Brown e Hammer (2008):

(...) um aluno pode aplicar $F = m \times a$ com precisão para encontrar “ a ” se for dado “ F ” e “ m ”, mas se lhe for pedido para explicar o que a equação significa poderia dizer algo como: “Significa que a força de um objeto depende de quão pesado é e quão rápido ele está se movendo”. Isso

envolve formas alternativas de pensar sobre as três variáveis – força como uma propriedade de um objeto, massa como peso e aceleração como velocidade. (p.128)

De acordo com J. B. Lopes, (2004) a aprendizagem conceitual deve ir muito além, precisa tratar de:

Modelos das situações físicas; modos de utilização dos conceitos; uso de linguagens para comunicar e operar com os próprios conceitos; mobilização de campos conceituais, entendidos estes como conjunto de conceitos, seus usos, situações físicas, modelos teóricos, etc. estruturados num todo consistente, coerente e operacional; utilizações de situações físicas aferentes a um campo conceitual, numa perspectiva experimental ou não; formulação de questões que permitem centrar a atenção no que se quer aprofundar ou saber; manipulação de situações físicas de forma intencional e suportada teoricamente. (p. 85)

Assim, os conceitos não são apenas enunciados de conhecimento, e sim, um conjunto de competências e conhecimentos. No ensino da Física é muito importante que a aprendizagem conceitual seja trabalhada nesses moldes, com esse paradigma.

1.3 As pré-concepções no ensino e aprendizagem da Física

Todo conhecimento resulta da interação entre o sujeito e o meio, aprendemos desde crianças a construir conhecimento (v.g. Piaget e Vygotsky), em pequenas ações como o pegar um garfo ou então em ações mais abstratas como dar forma a desenhos, o que leva a que se formem esses conhecimentos, ideias e diferentes formas de raciocínio que funcionam no contexto do senso comum para muitos fins práticos. Somos portadores de vários saberes que resultam de esforços para compreender o mundo que nos rodeia e desta forma interagir e atuar nele.

Ao longo dos últimos anos o papel que o aluno desempenha no processo de ensino e de aprendizagem transformou-se. De recetor passivo de conhecimentos verdadeiros e acabados, passou a ser um sujeito ativo, possuidor de concepções próprias e construtor do seu conhecimento. Nessa abordagem, considera-se o aluno como um sujeito que possui uma interpretação sobre o mundo segundo as experiências acumuladas durante a interação com o meio ambiente em que vive.

Deste modo, nossos alunos vêm para o ambiente escolar com diversos saberes, resultantes da interação deles com o mundo, que dependem muito do local onde estão

inseridos, são observações de fenômenos naturais que não foram obtidos pela via escolar. Essa concepção sobre fenômenos naturais que não são consistentes com o conhecimento científico são versões próprias do conhecimento, versões próprias de alguns conceitos que são chamados de pré-concepções (Lee & Byun, 2012), ideias ingênuas, modelos alternativos (Vosniadou, 1994; Viennot, 2008), concepções iniciais (Chi, Slotta, & De Leeuw, 1994)⁵.

As pré-concepções são ideias prévias, construções criadas pelos alunos antes do contato científico e que influenciam a forma como um conceito é encarado e como é conseguida a aprendizagem, levando a uma oposição entre as concepções dos alunos e as concepções científicas ensinadas na escola (Foizy *et al.*, 2015).

As construções das pré-concepções, segundo Peduzzi, Zylbersztajn e Moreira, (1992, p. 240):

- a) são encontradas num grande número de estudantes, em qualquer nível de escolaridade;
- b) constituem um esquema conceitual coerente, com amplo poder explicativo;
- c) diferem das ideias expressas através dos conceitos, leis e teorias que os alunos têm que aprender;
- d) são muito persistentes e resistem ao ensino de conceitos que conflituam com elas;
- e) não se debilitam, mesmo frente a evidências experimentais que as contrariam;
- f) interferem na aprendizagem da Física, sendo responsáveis, em parte, pelas dificuldades que os alunos encontram em nesta matéria, acarretando um baixo rendimento quando comparado com disciplinas de outras áreas;
- g) apresentam semelhanças com esquemas de pensamento historicamente superados.

Durante as décadas de 70 e 80 do século XX, muitos investigadores em ensino das Ciências colocavam em proeminência que um dos maiores obstáculos da aprendizagem significativa eram as pré-concepções dos alunos, considerando-se apenas os aspetos negativos, e assinalavam a prevalência dessas ideias não científicas, o que vinha dificultar a aprendizagem. Mais tarde, já na década de 90, Smith e colaboradores (1993) denunciaram esse paradigma e consideraram que as ideias que os alunos traziam, de experiências anteriores, desempenhavam papéis produtivos na aquisição do conhecimento científico, sendo que a instrução deve enfrentar e, se for necessário, substituir tais concepções.

⁵ Neste estudo faremos uso apenas do termo pré-concepções.

Segundo Foisy *et al.* (2015), a Física é a disciplina que mais apresenta pré-concepções que muitas vezes são persistentes e difíceis de mudar. O interesse dos pesquisadores em compreender as pré-concepções dos alunos levou ao surgimento do campo da mudança conceitual e, tornou-se um dos domínios fundamentais da pesquisa em educação científica. Conforme Duit e Treagust (2003, p. 673) a mudança conceitual é a “aprendizagem em domínios onde as estruturas conceituais pré-instrucionais dos aprendizes têm de ser fundamentalmente reestruturadas para permitir a compreensão do conhecimento pretendido, ou seja, a aquisição de conceitos científicos”. Segundo Ishimoto (2010) a aprendizagem conceitual ocorre quando os novos conceitos trabalham sobre as pré-concepções.

A teoria mais influente da mudança conceitual e que ainda tem sido muito usada em diversos estudos é o modelo proposto por Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982). Esse modelo descreve o aprendizado como sendo uma interação entre concepções novas e existentes e sugere quatro condições necessárias para a mudança conceitual: insatisfação com as concepções existentes e inteligibilidade, plausibilidade e fertilidade das novas concepções.

Lee e Byun (2012) realizaram um estudo sobre as características da mudança conceitual e as estratégias de ensino para facilitar essa mudança, destacando o conflito cognitivo (Piaget, 1987) como um meio de promover uma mudança nas pré-concepções dos alunos. Os autores definem o conflito cognitivo “como um estado perceptivo da discrepância entre o modelo mental de uma pessoa e a informação externa reconhecida” (p. 945). O modelo do processo de conflito cognitivo proposto por Lee e colaboradores em 2003 requer que um aluno tenha um pré-conceito e acredite que ele está sendo confrontado com uma situação nova. Segundo esse modelo, o aprendiz: “(1) reconhece uma situação anômala, (2) expressa interesse e/ou ansiedade na resolução do conflito cognitivo, e (3) envolve uma reavaliação cognitiva da situação para resolver o conflito” (Lee & Byun, 2012, p.945).

Quando o aluno encontra uma situação nova, tentará, inicialmente, usar seus esquemas para resolver a situação. Percebendo que nesta nova situação seus esquemas não são suficientes para resolver o problema, este aluno entra em conflito cognitivo. Este conflito cognitivo provoca um desequilíbrio cognitivo o qual mobilizará o aprendiz na busca por novas respostas, com o objetivo de solucionar a questão (Piaget, 1987).

Nomeadamente, um novo esquema, mais elaborado, resultado de análises conscientes e significativas, conseguidas pelo aluno, irá modificar os conhecimentos anteriores, tornando-os melhores, de acordo com os processos adaptativos de assimilação e acomodação descritos por Piaget.

Os conflitos cognitivos, segundo Viennot (2008) são fundamentais para a aprendizagem e considerados, muitas vezes, como um ponto de partida necessário para o ensino. As estratégias que o enfatizam podem ser vistas como derivadas de uma visão piagetina na qual a parte ativa do aprendiz na reorganização de seu conhecimento é fundamental (Scott, Asoko & Driver, 1992). Em concordância, a mudança conceitual rejeita qualquer aprendizagem passiva, requer que o aluno seja um aprendiz ativo. Identificar e conhecer as pré-concepções dos alunos é um dos aspectos fundamentais para que ocorra a mudança conceitual e com isso ocorrer uma aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa proposta por Ausubel (1982) é a ampliação e reconfiguração de ideias já existentes na estrutura mental, as pré-concepções aqui no nosso estudo, e com isso ser capaz de relacionar e acessar novos conteúdos. Para esse autor de nada adianta o professor ensinar sem levar em conta o que o aluno já sabe, o conhecimento prévio.

Em Física, o campo em que mais apresenta pré-concepções, muitas vezes incorretas, é a Mecânica, principalmente na relação entre força e movimento e no conceito de energia, por conseguinte sendo uma área de grande interesse dos investigadores. Segundo Clement (1982, p. 70), “as concepções alternativas dos estudantes, à partida para a aprendizagem de um conteúdo da Física, são autênticos modelos conceituais interpretativos que eles utilizam para interpretar os fenómenos, tal como os cientistas usam os seus modelos com a mesma finalidade”.

Destacamos alguns dos trabalhos pioneiros sobre as pré-concepções dos alunos acerca do assunto força e movimento: Viennot (1979), Watts e Zylbersztajn (1981), Clement (1982), Vasconcelos (1985), Kruger e Summers (1988), Brown (1989), Gamble (1989), Sadanand e Kess (1990), entre outros, que constataram em seus estudos as principais pré-concepções desse tema:

- Existência de uma força na direção do movimento;
- Tendência a associar a força à velocidade;

- O movimento implica uma força;
- Um corpo com velocidade constante tem de estar atuado por uma força também constante;
- Quando a velocidade de um móvel é nula a força também é nula (mesmo que a aceleração não seja nula);
- Se a velocidade não for nula então a força não é nula (mesmo que a aceleração seja nula).

A compreensão de como se relacionam entre si a Cinemática e a Dinâmica requer a capacidade de raciocinar sobre os vetores que representam forças e quantidades cinemáticas, porém estudos apontam que mesmo após a tradicional instrução muitos estudantes não têm esta capacidade (Flores, Kanim & Kautz, 2004). Em concordância, os estudos de Knight (1995), Shaffer e McDermott (2005) e Heckler e Scaife (2015) apontam as dificuldades dos alunos quanto a compreensão do conceito de vetor, concluindo que mesmo após a instrução os alunos apresentam pré-concepções resistentes sobre este assunto e, diante disso, Zavala e Barniol (2013) e Barniol e Zavala (2014) consideram que sendo este um conceito necessário para a compreensão de outros conceitos da Física, a não compreensão do conceito vetor pode causar problemas na aprendizagem desta disciplina.

Flores *et al.* (2004) descreveram algumas das dificuldades processuais e de raciocínio sobre vetores observadas nos alunos, de que destacamos: a falta de habilidade dos alunos para somar e subtrair vetores na ausência de qualquer contexto físico; a dificuldade dos alunos na compreensão da natureza vetorial das forças e das quantidades cinemáticas; a falta de capacidade dos alunos para relacionar a força e a aceleração.

Quanto às pré-concepções dos alunos no tema energia, encontramos diversos estudos na literatura e destacamos aqui as sete principais, indicando também os trabalhos pioneiros nesse assunto:

- Energia como força: Duit (1981); Watts e Gilbert (1983) e Brook e Driver (1984);
- Visão antropomórfica da energia: Stead (1980), Black e Solomon (1983);
- Energia como causa do movimento: Stead (1980);

- Energia como combustível: Stead (1980), Duit (1981) e Watts (1983);
- Energia como fluido: Duit (1981) e Watts (1983);
- Energia como reagente ou produto da reação: Cachapuz e Martins (1987);
- Energia como causa das coisas sucederem “*the go of things*”: Ogborn (1986) e Ogborn (1990).

Num estudo mais recente de J. B. Lopes (2004) apresentaram-se algumas das pré-concepções em alguns temas da Física, na qual destacamos neste texto dois: força e movimento e energia, conforme Tabela 2 abaixo.

Tabela 2

Algumas pré-concepções de força e movimento e de energia

Tema	Pré-concepções
Força e movimento	<ul style="list-style-type: none"> – As forças são propriedades dos corpos. Por conseguinte, os objetos “têm força”. – Movimento constante requer força constante. – A quantidade de movimento é proporcional à força. – Se um objeto não se move, não atua nenhuma força sobre ele. – Num corpo em movimento, existe uma força na direção do movimento. – A aceleração é uma consequência causal da força. – As forças não estão associadas às interações entre sistemas. Por consequência, quando se faz um esquema de forças que atuam num corpo procura-se apenas os objetos imediatos, violando-se sistematicamente a 3.^a lei de Newton. – Em situações com mais de um objeto, o que se passa num objeto depende do objeto anterior e não da configuração geral do sistema.
Energia	<ul style="list-style-type: none"> – A energia é uma propriedade dos corpos e pode-se gastar. – A energia não se conserva porque não se pode reutilizar indefinidamente. – Entendem mais facilmente ganhos do que perdas de energia. Ignoram que se um sistema ganha energia então outro que com ele interage perde energia. – Os balanços energéticos são sempre concebidos tendo subjacentes regimes transitórios.

Nota. Fonte: Adaptado de “Aprender e Ensinar Física” de J. B. Lopes, 2004, pp. 90-91.

Muitas são as pré-concepções dos alunos acerca de vários assuntos da Física. Um ensino formal que adere ao modelo de transmissão do conhecimento onde coloca o aluno como um sujeito passivo de sua aprendizagem tem dificuldades de superá-las, pois, como referido anteriormente, elas são persistentes às mudanças e, para que isso

ocorra é necessário que o aluno seja um sujeito ativo e, o ensino recorra a metodologias ativas.

Esta persistência conduz-nos ao problema da mudança conceitual, de quais são os mecanismos inerentes a ela e por que motivo ela é tão difícil na aprendizagem da Física. É fundamental que o professor identifique as pré-concepções em seus alunos e com isso elabore estratégias para trabalhá-las, onde o aluno tenha um papel ativo em sua aprendizagem, para assim transformá-la em conhecimento científico.

CAPÍTULO 2 – AS TECNOLOGIAS NO ENSINO

Desde os anos 80, quando o computador passou a fazer parte da vida diária das pessoas, é praticamente impossível pensar o ensino sem as TIC (Chatfield, 2003) e progressivamente elas têm alterado a dinâmica da escola e da sala de aula (Valente, 2014).

Dentro deste contexto, o professor precisa saber como desempenhar os novos e diversos papéis que assumirá na sociedade da informação e conhecimento, com reflexão permanente sobre o seu fazer pedagógico, desenvolvendo e promovendo sempre a autonomia dos alunos. Miranda (2007, p. 44) destaca que simplesmente acrescentar a tecnologia às atividades escolares sem nada alterar nas práticas habituais de ensinar não produz bons resultados na aprendizagem e aponta duas razões para este tipo de prática ser uma das estratégias mais usadas pelos professores: “a falta de proficiência que a maioria dos professores manifesta no uso das tecnologias e o facto da integração inovadora das tecnologias exigir um esforço de reflexão e de modificação de conceções e práticas de ensino”.

Segundo J. Lopes (2011, p.3) a introdução das TIC no ensino “significa interferir nos modos de pensar e agir, está associada à mudança nos modos de aprender, mas também de ensinar, à mudança nas relações estabelecidas entre quem ensina e quem aprende e entre estes e o próprio conhecimento”.

Pensando nesta problemática, discutiremos ao longo deste capítulo sobre a utilização pedagógica das TIC de modo que elas possam gerar mudanças de comportamentos de aprendizagem. Começaremos por fazer uma revisão de como ocorreu a integração das TIC em Portugal, já que foi escolhido pela investigadora realizar aqui este estudo, destacando os principais projetos governamentais; logo após

abordaremos de maneira breve os RED e depois apresentaremos os contributos da revisão bibliográfica sobre os simuladores computacionais, apontando suas principais vantagens no ensino da Física; a finalizar este capítulo faremos um breve estudo sobre os QI e suas vantagens para o ensino e aprendizagem.

2.1 O cenário da implementação das TIC na Educação em Portugal

A utilização das TIC foi marcada por fortes investimentos governamentais em Portugal. A primeira grande iniciativa financiada pelo ME decorreu entre 1985 e 1994, *Meios Informáticos no Ensino: Racionalização, Valorização, Atualização* (MINERVA), tendo como objetivos dotar as escolas com equipamentos informáticos; formar os professores para a sua utilização; desenvolver *software* educativo e promover investigação sobre a utilização das TIC desde o ensino básico ao ensino secundário; potenciar as TIC como instrumento de valorização dos professores e do espaço escolar e desenvolver o ensino das TIC para a inserção na vida ativa (Coelho, Monteiro, Veiga, & Tomé, 1997). Os principais resultados alcançados neste projeto foram a criação de novos cursos na área das TIC, o lançamento de novos projetos de investigação, a introdução da utilização educativa dos computadores na formação inicial dos professores e a conceção de *software* educativo por estudantes universitários.

Em 1996 surge o Programa *Nónio - Século XXI*, uma iniciativa do ME e que terminou em finais de 2002. Teve como objetivo apoiar e adaptar o desenvolvimento das escolas às novas exigências colocadas pela sociedade de informação: exigência de novas infraestruturas, de novos conhecimentos e de novas práticas. O programa comportou quatro subprogramas: aplicação e desenvolvimento das TIC no sistema educativo; formação de professores em TIC; criação e desenvolvimento de *software* educativo e difusão da informação e cooperação internacional. Para recuperar as estruturas desenvolvidas nas instituições de ensino superior do Projeto Minerva, foram criados neste programa Centros de Competência apoiando o desenvolvimento de projetos de escolas na área das TIC. Mantem-se hoje em funcionamento uma rede de nove Centros de Competência, tendo como missão desenvolver a integração curricular e inovação pedagógica com as TIC, disponibilizando apoio, formação e consultoria nas iniciativas e projetos de escolas de nível básico e secundário.

Em 1997, foi lançado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, o Programa *Internet na Escola*, que teve como objetivo a instalação de um computador multimédia e a sua ligação à *internet* na biblioteca/mediateca de cada escola do ensino básico e secundário, que se concluiu em 2003. Cada escola ficou com o seu próprio subdomínio de rede para publicar as suas páginas e o seu endereço de correio eletrónico. A unidade de Apoio à Rede Telemática Educativa (uARTE) criada pelo Ministério da Ciência e da Tecnologia acompanhou entre 1997 e 2002 todo o processo deste programa funcionando como elemento de ligação entre as escolas e o ME, os centros de formação de professores e as associações científicas, educacionais e profissionais.

Em 2002/2003 elaborou-se um documento, na sequência de um estudo realizado pelo Programa *Nónio – Século XXI*, no qual se estabeleceram as competências básicas em TIC que um professor deverá ter, e em que também é dada uma grande importância ao investimento em formação continuada de professores, sugerindo a formação a distância, referindo que “os Centros de Competência Nónio, as Universidades e os Institutos Politécnicos deverão preocupar-se em desenvolver e disponibilizar cursos *online* e recursos educativos de qualidade que possam vir a ser utilizados pelos professores” (Castro, 2014, pp.4-5).

Depois disto, o ME criou a *Equipa de Missão Computadores, Redes e Internet na Escola* (CRIE), que se constituiu entre 2005 e 2008, com o intuito de “organizar uma ação integrada a nível do ME no plano do uso educativo das TIC, de forma a proporcionar mais e melhor ensino e aprendizagem nas nossas escolas” (Freitas, 2007, citado por Castro, 2014, p.5). Em junho de 2007, a iniciativa *Atribuição de Equipamentos Tecnológicos para o Enriquecimento do Ensino e da Aprendizagem* permitiu o apetrechamento das escolas candidatas com computadores, quadros interativos, videoprojetores ou materiais para o ensino experimental das ciências, conforme o que foi escolhido por cada escola.

Até hoje, foi o *Plano Tecnológico da Educação* (PTE) o maior programa de modernização tecnológica das escolas (GEPE, 2009a). Este projeto inseriu-se num esforço europeu sobre os sistemas de ensino e formação na Europa para 2010, Programa *Educação e Formação 2010* e num processo de regulação nacional, dando cumprimento ao disposto nos n.ºs 2, 3 e 5 da Resolução do Conselho de Ministros n.º 137/2007⁶.

⁶ Disponível em: <http://www.dgeec.mec.pt/np4/244.html>

Neste documento legislativo, o XVII Governo Constitucional assume o compromisso de modernizar tecnologicamente as escolas portuguesas com a meta de “colocar Portugal entre os cinco países europeus mais avançados em matéria de modernização tecnológica do ensino em 2010” (Despacho 143/2008, p.151), visando um reforço substancial da infraestrutura tecnológica das escolas, da disponibilização de conteúdos e serviços em linha e do reforço das competências em TIC de alunos e docentes.

O PTE procurou assim dar resposta à necessidade de modernização tecnológica da educação, como uma das prioridades estratégicas na preparação das novas gerações para a sociedade do conhecimento. Partiu de um estudo de diagnóstico sobre a modernização tecnológica do sistema de ensino português com base em quatro dimensões chave: tecnologia, conteúdos, formação e investimento e financiamento (RCM nº137/2007), apresentando debilidade em todos os eixos, como podemos observar abaixo (Tabela 3).

Tabela 3

Limitações à modernização tecnológica do ensino – principais conclusões do estudo diagnóstico do PTE

Limitações à modernização tecnológica do ensino			
Tecnologia	Conteúdos		Formação
Parque de computadores insuficiente e desatualizado	Escassez de conteúdos digitais e aplicações pedagógicas		Formação de docentes pouco centrada na utilização das TIC no ensino
Reduzida dotação de equipamentos de apoio (e.g. projetores)	Plataformas colaborativas com utilização e funcionalidades limitadas		Ausência de certificação de competências TIC
Banda larga com velocidades reduzidas e abrangência limitada	Gestão de escola pouco informatizada		Insuficientes competências para garantir apoio técnico
Redes de área local não estruturadas e ineficientes	Reduzida utilização de e-mail como canal de comunicação		
Preocupação crescente com segurança nas escolas			
Apoio técnico insuficiente			
Investimento e financiamento	Insuficiente investimento em tecnologia na educação	Elevada dependência de receitas próprias das escolas	Desarticulação Ministério da Educação/Iniciativa privada

Nota. Fonte: RCM nº137/2007

Frente a estas limitações e em busca de resolvê-las e também de colocar Portugal como um dos melhores da Europa, os objetivos do PTE para o período de 2007 a 2010 foram os seguintes, conforme o RCM nº137/2007 (p.6567):

- Atingir o rácio de dois alunos por computador com ligação à *Internet* em 2010;
- Garantir em todas as escolas o acesso à *Internet* em banda larga de alta velocidade de pelo menos 48 Mbps em 2010;
- Assegurar que, em 2010, docentes e alunos utilizam TIC em pelo menos 25% das aulas;
- Massificar a utilização de meios de comunicação eletrónicos, disponibilizando endereços de correio eletrónico a 100% de alunos e docentes já em 2010;
- Assegurar que, em 2010, 90% dos docentes veem as suas competências TIC certificadas;

- Certificar 50% dos alunos em TIC até 2010.

Como resposta às limitações diagnosticadas no estudo, o plano estrutura-se então em três grandes eixos temáticos - Tecnologia, Conteúdos e Formação - e 14 projetos chave, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4

Eixos de atuação e principais projetos do PTE

Tecnologia	Conteúdos	Formação
<ul style="list-style-type: none"> - <i>Internet</i> nas salas de aula (Redes de área local); - <i>Internet</i> de alta velocidade; - Kit Tecnológico; - Cartão das escolas; - Escol@Segura; - <i>VVoip</i>, voz e vídeo nas escolas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Portal das escolas - Escola Simplex 	<ul style="list-style-type: none"> - Competências TIC - Avaliação eletrónica - Estágios TIC - Academias TIC
Projetos transversais		
<ul style="list-style-type: none"> - CATE (Centro de apoio TIC nas escolas) 	<ul style="list-style-type: none"> - E.Escola; E.Professor; E.Oportunidades; 	<ul style="list-style-type: none"> - E.Escolinha

Nota. Fonte: Adaptado de Gabinete de Estatística e Planeamento Educacional - GEPE (2009b, p.5)

Destacamos neste estudo o projeto *Kit Tecnológico* que se enquadrou no eixo das Tecnologias e que pretendeu dar resposta à “insuficiência das infraestruturas TIC nas escolas, nomeadamente computadores e outro equipamento de apoio, tais como quadros interativos e videoprojetores” (GEPE, 2009b, p.11), pois o QI é uma das ferramentas tecnológicas investigada no nosso estudo.

Os objetivos deste projeto foram (RCM nº137/2007, p.6568):

- Conseguir o rácio global de dois alunos por computador em 2010;
- Conseguir que nenhuma escola tenha um rácio de alunos por computador superior a 5;
- Equipar as escolas com um videoprojetor por sala de aula;

- Equipar as escolas com um quadro interativo em cada 3 salas de aula;
- Conseguir que a proporção de equipamento com antiguidade superior a 3 anos não ultrapasse os 20%;
- Assegurar a disponibilidade de computadores e impressoras para utilização livre na escola, atingindo um rácio de cinco alunos por cada computador de acesso livre e de três professores por cada computador de acesso livre.

O projeto *Kit Tecnológico* teve início em setembro de 2007 com a publicação em Diário da República das autorizações para os concursos internacionais para a aquisição de QI, de computadores e de videoprojetores. Teve o seu término com a conclusão da instalação de 11486 computadores em novembro de 2009, de 5613 QIs com projetor integrado em fevereiro de 2010 e de 28711 videoprojetores em outubro de 2010 (GEPE, 2009b).

Apresentamos abaixo alguns dados referentes à modernização tecnológica das escolas em Portugal, antes e após o PTE. A Tabela 5 mostra os dados sobre essa modernização na vertente dos computadores por aluno, segundo as estatísticas da Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (DGEEC)⁷.

⁷ Dados disponíveis em: <http://www.dgeec.mec.pt/np4/100/>

Tabela 5

Relação aluno/computador e relação aluno/computador com ligação à *Internet*, em escolas dos ensinos básico e secundário regular, no Continente (2001/2002; 2004/2005 – 2014/2015)

Ano letivo	Aluno por computador	Aluno por computador com ligação à
	N	<i>Internet</i> N
2001/2002	17,3	33,8
2004/2005	11,7	16,1
2005/2006	10,5	14,0
2006/2007	9,5	11,7
2007/2008	7,9	8,9
2008/2009	2,1	2,3
2009/2010	2,0	2,2
2010/2011	2,0	2,2
2011/2012	3,0	3,6
2012/2013	3,0	3,5
2013/2014	3,0	3,5
2014/2015	3,0	3,6

Nota. Fonte: DGEEC - Dados atualizados em outubro de 2016

Um estudo sobre a implementação do PTE realizado por Duarte (2015) aplicou questionários a 100 Coordenadores do PTE (CPTE) em Agrupamentos de Escolas/Escolas Não Agrupadas (AE/ENAs) públicas com ensino secundário, quando questionados sobre a consecução dos objetivos específicos do PTE. Na vertente computadores por aluno, segundo os resultados obtidos neste estudo apenas 16,33% das escolas da amostra atingiu o rácio previsto de 2 alunos por computador.

Outro estudo, realizado pelo ME em 2008, sobre a modernização tecnológica de equipamentos de apoio, mostrou que se observam limitações: o rácio de alunos por impressora era superior a 40, o número de videoprojetores inferior a 1 projetor por cada 7 salas de aula e apenas 1/3 das escolas dispunham de QI, apontando também que “a reduzida disponibilidade destes equipamentos constitui uma forte barreira à utilização de tecnologias na escola, pelo que é necessário reforçar a sua dotação” (GEPE, 2008, pp.9-10).

O QI tem sido inserido gradualmente nas escolas portuguesas desde o início dos anos 2000, constituindo-se entretanto como uma das bandeiras da modernização tecnológica das escolas em Portugal Continental no âmbito do PTE. Segundo as

estatísticas da Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (DGEEC)⁸ podemos notar um aumento significativo deste equipamento com a implementação desse plano (Tabela 6 e Gráficos 4 a 8).

Tabela 6

Número de escolas com QI e sem QI, em Portugal Continental, nos anos letivos de 2006/2007 a 2014/2015

Ano letivo	Escolas com QI		Escolas sem QI	
	N	%	N	%
2006/2007	565	5	11945	95
2007/2008	1557	13	10263	87
2008/2009	2205	19	9309	81
2009/2010	2609	23,3	8611	76,7
2010/2011	2826	26,9	7677	73,1
2011/2012	3437	35	6378	65
2012/2013	3712	39	5698	61
2013/2014	3833	43	5044	57
2014/2015	3936	47	4500	53

Nota. Fonte: DGEEC - Dados atualizados em outubro de 2016

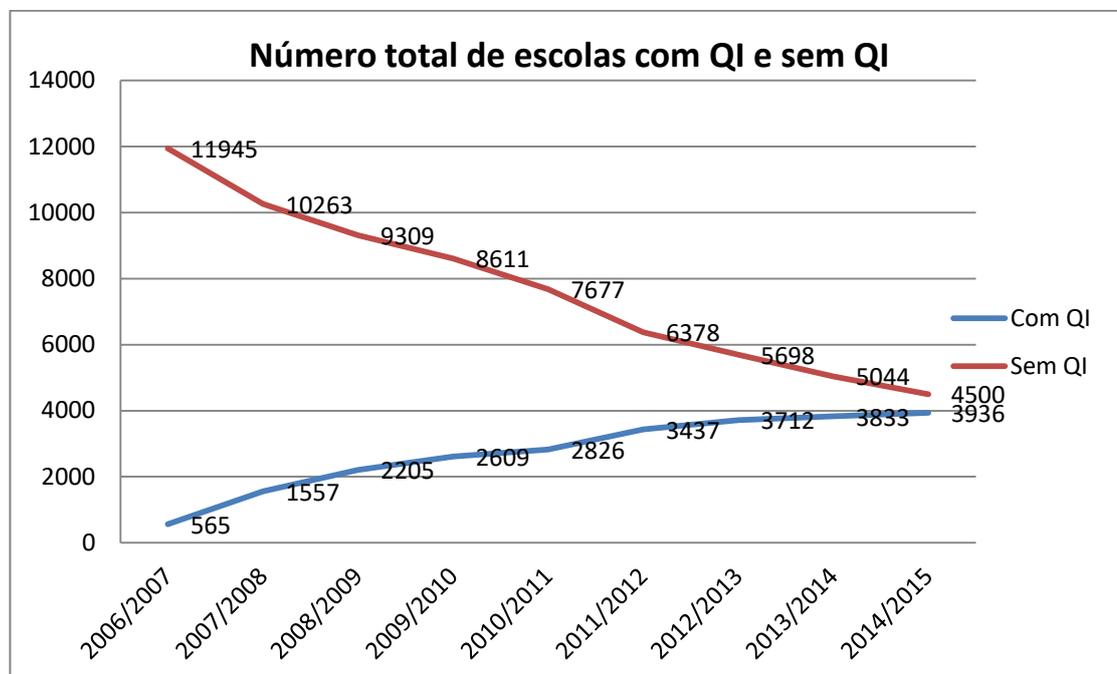


Gráfico 4 - Número de escolas com QI e sem QI, em Portugal Continental, nos anos letivos de 2006/2007 a 2014/2015. Fonte: DGEEC - Dados atualizados em outubro de 2016

⁸ Dados disponíveis em: <http://www.dgeec.mec.pt/np4/100/>

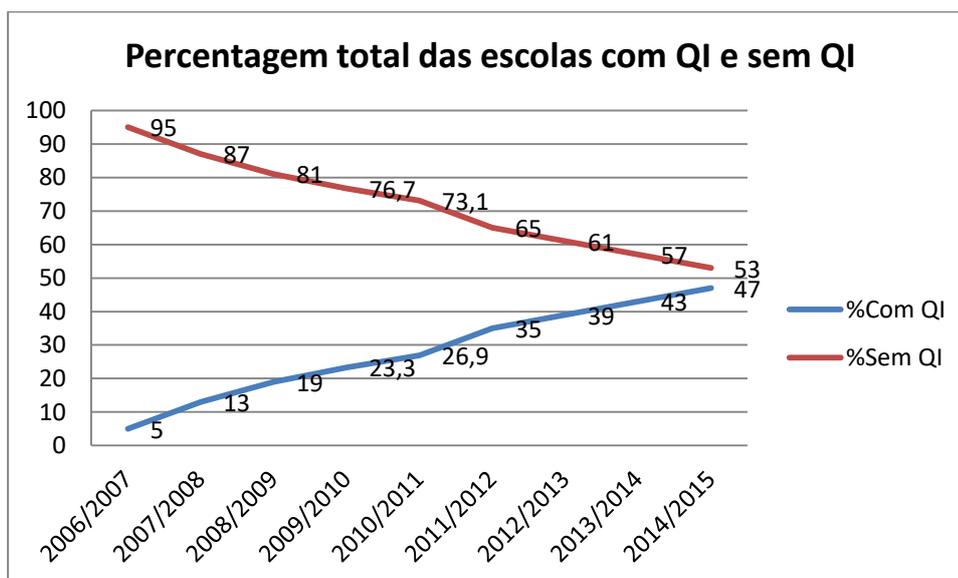


Gráfico 5 - Percentagem total das escolas com QI e sem QI, em Portugal Continental, nos anos letivos de 2006/2007 a 2014/2015. *Nota.* Fonte: DGEEC - Dados atualizados em outubro de 2016



Gráfico 6 - Número total de QI nas escolas públicas de Portugal Continental, nos anos letivos de 2006/2007 a 2014/2015. Fonte: DGEEC - Dados atualizados em outubro de 2016

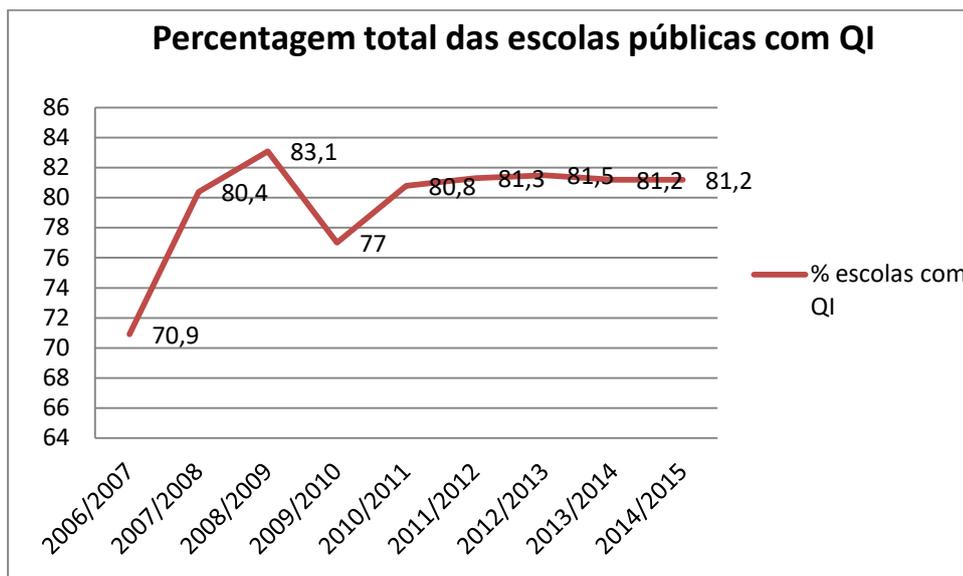


Gráfico 7 - Percentagem total de QI nas escolas públicas de Portugal Continental, nos anos letivos de 2006/2007 a 2014/2015. Fonte: DGEEC - Dados atualizados em outubro de 2016

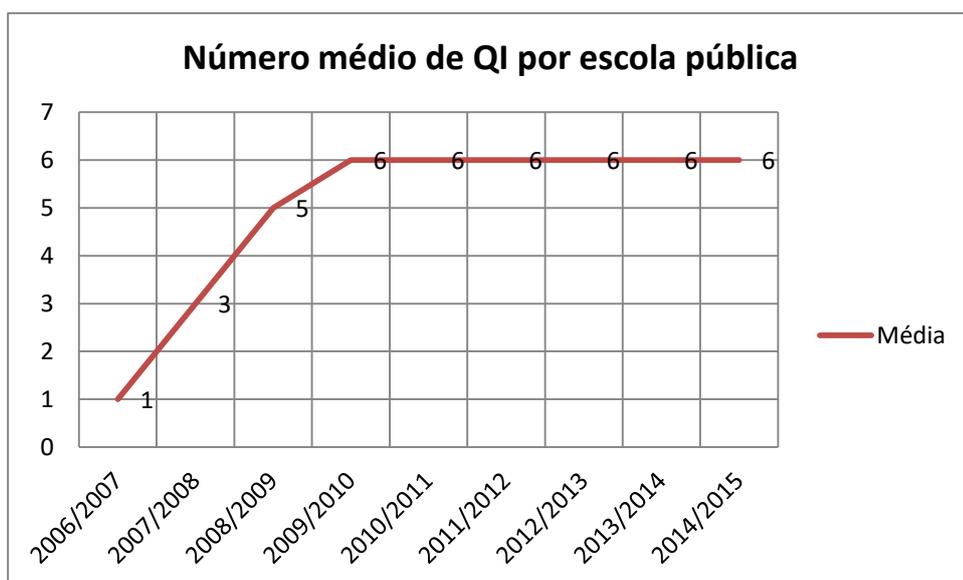


Gráfico 8 - Número médio total de QI por escolas públicas de Portugal Continental, nos anos letivos de 2006/2007 a 2014/2015. Fonte: DGEEC - Dados atualizados em outubro de 2016

Os resultados obtidos no estudo de Duarte (2015) apontam que somente 30,3% das escolas atingiram o rácio pretendido de um QI para cada 3 salas de aula. Segundo as respostas aos questionários aplicados aos CPTE, a formação ministrada sobre os QI foi somente técnica, com duração de duas horas, abordando temas relacionados com a utilização diária do quadro e videoprojetor e os respetivos cuidados de manutenção.

Também apontou que muitos dos QIs que foram colocados nas escolas não estavam a ter a utilidade pedagógica pretendida, acabando por serem utilizados unicamente como tela de projeção. Uma das conclusões finais deste estudo (p.370) destaca que:

Quanto à formação contínua, deve ser oferecida tendo em conta as reais necessidades das AE/ENAs e dos seus professores, com uma forte componente prática e de acompanhamento, em que o docente pode contar com o formador para experimentar, melhorar e ganhar a necessária segurança e confiança tecnológica, pedagógica e didática, para integrar plenamente as TIC na sua prática em sala de aula, mas também num contexto mais organizacional das suas funções. De fato, mesmo o PTE não conseguiu alterar o panorama mais global que caracteriza o sistema português.

Portanto, em relação a inserção dos QIs nas escolas, o PTE teve uma forte componente tecnológica que se sobrepôs a uma componente mais pedagógica: as escolas foram equipadas, mas os professores não receberam a formação necessária para incorporar a tecnologia na sua prática. Alguns projetos do PTE têm-se mantido, provavelmente pela sua relevância inquestionável no desenvolvimento do sistema educativo e no apoio à formação de professores e alunos. Neste momento, os principais projetos em vigor são: *Internet Segura, Aprender e Inovar com TIC, Centros de Competência TIC, Agenda Portugal Digital e Portal das Escolas*.

Também destacamos aqui o importante projeto *Metas de Aprendizagem*, que nasceu em dezembro de 2009, foi inserido na Estratégia Global de Desenvolvimento do Currículo Nacional delineada pelo ME concluída em 2013, na qual se construiu um quadro de referência que orientasse, de forma coerente e concertada, o desenvolvimento de aprendizagens na área das TIC para cada ciclo de ensino.

Em conclusão, muitos foram os projetos, programas e planos governamentais, desde 1985 até hoje, que deram oportunidade à comunidade escolar de estar interagindo e atuando com as TIC. Todas essas ações e investimentos, segundo Castro (2014) contribuíram para: “i) melhorar o acesso a equipamento informático nas escolas; ii) investir na formação de professores; iii) criar referências nos programas escolares à integração das TIC; e iv) desenvolver conteúdos educativos digitais” (p.10). Cabe a toda comunidade escolar, dentro deste contexto educacional, apetrechado com projetos, formar o *novo* cidadão na sociedade informatizada.

Logo, diante de todas as iniciativas de inserir as TIC no ambiente escolar, os recursos informáticos têm assumido um papel importante para o ensino das Ciências, pois, para além de permitirem a aquisição e a análise de dados, desenvolveram-se nos últimos anos várias ferramentas de ensino e propostas que utilizam os recursos da realidade virtual, voltadas para espaços escolares ou em busca de novos espaços educacionais. Desenvolver materiais que orientem, estimulem e suportem a aprendizagem é um aspeto de crucial importância e, principalmente, envolver os professores neste processo é um ponto fundamental, sobre o qual temos refletido e que estudamos neste trabalho.

2.2 As TIC no ensino e aprendizagem da Física: um olhar sobre os RED

Como já vimos no capítulo anterior, o ensino da Física apresenta muitos desafios aos professores, principalmente no quesito de motivar e envolver os alunos para a sua aprendizagem e consequentemente melhorar o desempenho dos estudantes nesta disciplina. Portanto, o ensino da Física precisa despertar a atenção dos alunos, é preciso motivá-los e envolvê-los no processo de construção do conhecimento.

Ainda encontramos muito presentes nos ambientes escolares práticas de ensino de Física totalmente descontextualizadas, onde o manual impresso e o quadro são os recursos mais utilizados pelos professores. Não estamos a defender que não devemos usar estes recursos, mas somente que o uso deles não é mais suficiente perante o público de alunos que recebemos atualmente, público este que está constantemente conectado e envolvido com as diversas tecnologias que o mercado coloca à sua disposição. É preciso então complementar o uso do manual e do quadro. O uso das TIC pelo professor nas aulas de Física pode ser uma mais-valia para a aprendizagem, desenvolvendo abordagens inovadoras que tenham como objetivo melhorar as práticas educativas e os resultados dos alunos.

No geral, a integração das TIC na escola, com o apetrechamento de novos equipamentos, pouco tem modificado o cenário educacional. É necessário muito mais do que computadores, projetores, QI, *Internet*, entre outros, é preciso a compreensão dos processos de inovação e ensino, quer por parte dos professores e gestores, quer por parte dos alunos. Segundo Kopcha (2012), embora as escolas estejam equipadas

tecnologicamente, existe uma aparente lacuna entre a quantidade de tecnologia disponível nas salas de aula e o seu uso pelos professores para ensinar.

Em concordância, Ramos (2013, p.90) ainda aponta que, embora haja muito trabalho de integração das TIC na escola, “o esforço relacionado com a existência, acesso e distribuição de recursos educativos digitais de qualidade é mínimo”. Este autor também critica a forma como as TIC são tratadas na escola, em especial estes recursos, referindo que são exploradas “velhas abordagens com novas tecnologias” (p.94). A título de exemplo, poderíamos citar a utilização de apresentações digitais como o *PowerPoint*, que nada adianta se a prática pedagógica na aula continuar a mesma. É indispensável também inovar a prática para assim ser uma estratégia de ensino eficaz. Um estudo da *Organisation for Economic Co-operation and Development /Center for Educational Research and Innovation* (OECD/CERI) (2010, p.56) também destaca que “o baixo uso dos recursos e tecnologias ou o escasso interesse em novos desenvolvimentos das TIC é considerado como uma barreira à inovação”.

O tema TIC na Educação tem sido muito estudado e é também bem conhecido. Vários são os estudos que apontam os obstáculos e limitações tanto a nível de recursos como a nível de formação e estratégia pedagógica. Ainda há questões não respondidas sobre o impacto das tecnologias na aprendizagem dos alunos e como elas afetam tarefas de aprendizagem simples e complexas (Cox & Marshall, 2007).

Para que as TIC possam ser efetivamente integradas nas práticas pedagógicas dos professores é necessário que estes tenham as competências e o conhecimento de como utilizá-las no processo de ensinar e aprender (Baylor & Ritchie, 2002).

As barreiras que os professores encontram para a integração das TIC em suas práticas incluem, segundo uma revisão de Kopcha (2012): o acesso ao equipamento; a visão sobre as tecnologias, as crenças dos professores sobre a utilidade e as dificuldades associadas ao uso da tecnologia; o tempo necessário para a gestão de atitudes diferentes em sala de aula; o desenvolvimento profissional, no qual se enquadra a formação. Para este autor a formação é considerada um grande obstáculo à integração da tecnologia quando se centra apenas no desenvolvimento de competências técnicas e está desligada das práticas em sala de aula.

O documento *The ICT Impact Report. A review of studies of ICT impact on schools in Europe* (Balanskat, Blamire & Kefala, 2006), que foi elaborado a partir de 17 estudos e questionários realizados a nível europeu, também apontou barreiras que impedem os professores de utilizarem plenamente as TIC no contexto educativo, agrupando-as em três categorias:

- a) Ao nível do professor: falta de competências em TIC; falta de confiança do professor; falta de formação pedagógica de professores; falta de acompanhamento das novas competências em TIC; falta de programas de formação diferenciados.
- b) Ao nível escolar: ausência de infraestrutura em TIC (*hardware* antigo e em mau funcionamento); falta de *software* educacional adequado; acesso limitado às TIC; experiência limitada em projetos; falta de integração das TIC na estratégia escolar.
- c) Ao nível do sistema educativo: estrutura rígida dos sistemas educativos tradicionais; avaliação tradicional; currículos restritivos; estrutura organizacional restrita.

Como estes obstáculos influenciam a integração das TIC nas práticas pedagógicas, é preciso então capacitar os professores com as habilidades e atitudes necessárias para ultrapassar estas barreiras, sendo este um passo importante para integrar e/ou melhorar o seu uso nos processos de ensino e aprendizagem. A decisão de cada professor de usar as TIC nas práticas pedagógicas quotidianas representa um desafio que se constitui desta implicação. A referida decisão inclui desde ultrapassar as barreiras acima citadas até ter uma “expectativa positiva perante os possíveis impactos que essas ferramentas poderão ter no rendimento escolar dos alunos” (Costa, Cruz, Fradão & Rodriguez, 2012, p.24).

É preciso portanto que o professor reflita e conheça as verdadeiras potencialidades do uso das TIC em sua prática pedagógica e como poderá acrescentar valor à aprendizagem tirando partido do poder computacional da ferramenta adotada. Só assim será possível usar de forma eficaz as TIC no ensino, reequacionando as aprendizagens previstas nos programas “com base no que as TIC permitem hoje fazer e

que não poderia ser feito antes de elas existirem” (p.26). Um exemplo disto, segundo os mesmos autores é:

(...) o alargamento do leque de opções trazidas pelas tecnologias, quer em termos de conteúdo (por exemplo, no acesso a novas tendências literárias), quer em termos de processos (por exemplo, através das novas formas de estudar fenómenos, como é o caso das simulações que permitem a manipulação de variáveis e a visualização do comportamento que resulta dessa manipulação), ou mesmo em termos de objetivos (por exemplo, em situações em que os alunos criam uma base de dados, com o que isso significa do ponto de vista de estratégias e processos cognitivos mobilizados pelos alunos para o conseguirem fazer com sucesso) (Costa *et al.*, 2012, p.26).

Muitos são os estudos que destacam o valor acrescentado para a aprendizagem dos alunos, quer no plano cognitivo (Cardoso & Dickman, 2012), quer nos planos sócio afetivo e atitudinal. Aqui chamamos a atenção para o efeito motivacional que o uso das TIC pode vir a despertar nos estudantes (Hennessy, Ruthven & Brindley, 2005), sendo este um aspeto fundamental para a aprendizagem.

O professor tem um papel muito importante neste contexto educacional permeado pelas TIC, como já mencionamos anteriormente, que vai desde o planeamento até a avaliação das estratégias que utiliza. Precisa também de estar motivado e em constante reflexão sobre sua prática, ter competências para verificar o real progresso na aprendizagem, verificar os impactos das alterações de suas estratégias: é ele que vai avaliar e decidir qual o melhor recurso para utilizar em suas aulas (Cox & Marshall, 2007). Concordando com Ramos (2013, p.95), não há uma receita pronta a seguir: “use esta tecnologia que, desta forma, o resultado será ‘brilhante’”, é um processo que requer muito esforço do professor, muitas idas e vindas, muita alteração de rotinas e muita experimentação, onde os resultados dependerão da forma como as TIC são concebidas e interpretadas pelo professor.

Refletindo sobre o ensino da Física, os professores têm à sua disposição muitos recursos tecnológicos que podem vir a potencializar aprendizagens e transformar a sala de aula num espaço rico em interações, trabalhando a disciplina num contexto interativo, onde o aluno possa ter uma melhor visualização dos fenômenos e assim um melhor entendimento dos conceitos relacionados (Araújo & Veit, 2008). Ensinar

conteúdos da Física utilizando apenas o manual impresso e a lousa desperta pouco, ou praticamente nada, o interesse dos estudantes pela disciplina, pouco motiva a curiosidade, o teste de hipóteses, a tomada de decisões, a análise dos resultados e o reformular conceitos. As ‘famosas’ listas de exercícios ou atividades que os alunos resolvem mecanicamente nada contribuem para o desenvolvimento cognitivo: neste contexto a aprendizagem é de curta duração e com muitas dificuldades de sustentação (Festas, 2009).

Costa *et al.* (2012, p.70) apresentam um conjunto de situações e oportunidades de aprendizagens passíveis de concretizar em contexto escolar com o uso das TIC nas ciências, a saber:

- Usar *applets*, *software* para modelagem e programas de simulação para observação e descrição de sistemas e fenômenos físicos reais, para apoiar a formulação de hipóteses e a apreensão de traços importantes do comportamento ou da evolução dos sistemas observados;
- Usar plataformas e serviços disponibilizados *online* de apoio à partilha e divulgação de informações, recursos e conhecimentos que possam servir também como um meio para interagir com outras pessoas.
- Usar tecnologias de apoio à comunicação para planeamento e a realização de investigações, para promover o debate sobre descobertas científicas ou para confrontar diferentes perspetivas de interpretação científica.
- Usar *software* especificamente desenvolvido para a recolha remota de dados, para monitoramento de mudanças muito rápidas ou muito lentas, para medições muito precisas ou muito difíceis de obter com recurso a equipamento convencional e para medição simultânea de várias grandezas.
- Usar aplicações genéricas para apoiar os processos de produção científica, incluindo a organização de registos e notas decorrentes de trabalho experimental ou de microscópio, a elaboração de bases de dados ou mesmo a produção de cartazes de divulgação científica.

Voltamos o nosso olhar para o *software* educativo e os RED, com Ramos (2013, p. 95), segundo o qual, do ponto de vista das suas potencialidades tecnológicas e educativas “o *software* e os recursos digitais se apresentam ‘misturados’ ”.

Ramos, Teodoro e Ferreira (2011, p.13) definem os RED “como toda e qualquer entidade digital produzida especificamente para fins de suporte ao ensino e à aprendizagem”. Porém, todo conceito mais abrangente contém as suas vantagens e limitações, segundo reflexões em Ramos (2013, p.101) as vantagens estão relacionadas

com a quantidade de recursos digitais disponíveis aos professores, já as limitações situam-se em colocar no mesmo patamar entidades digitais muito diferentes entre si, dificultando assim a seleção do recurso a utilizar. “Esta ‘excessiva’ abrangência do conceito tem vantagens e desvantagens, nomeadamente o tempo despendido, por exemplo, na pesquisa de recursos na *internet*”.

Este mesmo autor (Ramos, 2013, pp.102-103), após verificar as dificuldades num conceito muito abrangente dos RED e apontar a escassa qualidade dos recursos disponíveis, define outro conceito, o *recurso educativo digital potencialmente inovador*, sendo um recurso que:

- Contém uma intencionalidade educativa clara, associada ao currículo;
- Incorpora abordagens inovadoras, quer a nível de *design*, [explorando as características computacionais da tecnologia] quer a nível pedagógico [integrando uma abordagem específica ao processo de ensino-aprendizagem, dentro do recurso], proporcionando modos e experiências de aprendizagem únicas, decorrentes das possibilidades computacionais, relativamente ao conhecimento, conteúdo ou processo a que diz respeito;
- Exige o envolvimento ativo do aluno nas atividades didáticas propostas, através do uso das funções e propriedades internas, próprias do recurso.

Este novo conceito, um aprofundamento do conceito mais abrangente, propõe, para além de auxiliar o trabalho do professor no processo de identificação e seleção de recursos, uma nova abordagem de ensino.

No ensino da Física os RED apoiam o trabalho do professor ao mesmo tempo que motivam o aluno, estimulando a curiosidade e favorecendo as suas aprendizagens. Devem ser avaliados antes de uso, devem ser potencialmente significativos para a aprendizagem e ser potencialmente inovadores. O professor deve ter consciência que cada tipo de recurso sugere um determinado tipo de proposta de trabalho educativo, verificando o que é possível desenvolver com ele, levando sempre em consideração as especificidades do grupo em que vai ser usado, exigindo práticas pedagógicas inovadoras.

Um vídeo, uma animação, uma simulação, um jogo, um ambiente virtual 3D, um programa de modelação, um *blogue*, entre outro *software*, podem ser utilizados nas aulas de Física para explorar de forma mais interativa os conteúdos, para uma visualização completa dos fenómenos. É de suma importância que os professores os

avaliem e elaborem as suas propostas de trabalho educativo, de maneira a integrá-los como recursos e por fim é fundamental avaliar as aprendizagens dos alunos quando expostos a este tipo de ambientes de aprendizagem.

Segundo Wolff (2008), o *software* educativo pode ser classificado conforme os seus objetivos pedagógicos: tutoriais, programação, aplicativos, exercícios e práticas, multimédia e *Internet*, simulação e modelação e jogos.

Em concordância, Ramos (2013, p.106) afirma que “o *software* ‘não tem conteúdo’, mas dispõe das ferramentas que permitem explorar, modelar, simular e experimentar a grande maioria dos conceitos envolvidos nos programas escolares de física”. Muito deste *software* vem, e a nosso ver, deveria vir sempre, acompanhado de materiais didáticos de apoio, como por exemplo, guiões, que são um suporte pedagógico aos professores.

Na *Internet* encontramos alguns RED para serem trabalhados como ferramentas para o ensino da Física. Em Portugal o *Projeto Softciências*⁹ (Alberto, Fiolhais & Paiva, 1998), uma ação comum das Sociedades Portuguesas de Física, de Química e de Matemática, que produziu e difundiu *software* para o ensino, aprendizagem e divulgação das Ciências entre 1991 e 1999, publicou 22 programas de computador com os respetivos manuais pedagógicos, sendo uma das maiores editoras de *software* educativo do país. Outro grande projeto é o *Modellus*¹⁰ (Teodoro, Vieira, & Clérigo, 1997), desenvolvido na Universidade Nova de Lisboa, dirigido ao ensino e aprendizagem de Matemática, Física e Química, desenvolvendo um *software* de modelação e experimentação que permite a alunos e professores criar e explorar experiências com modelos matemáticos, controlar variáveis como tempo, velocidade e distância, analisar a variação da função e a respetiva representação gráfica, preparar animações, utilizar as atividades já propostas ou criar a sua própria atividade no sistema do autor. No exterior, de referir, entre outros, o *Projeto Simulações Interativas*¹¹ (PhET) da Universidade de Colorado, que possui uma gama de simulações de acesso livre para todos os níveis de ensino em linguagens *Java*, *Flash* e *HTML5*.

⁹ Site do projeto: <http://nautilus.fis.uc.pt/ccsoftc>

¹⁰ Site do projeto: <http://modellus.co/index.php/pt/>

¹¹ Site do projeto: <http://phet.colorado.edu>

Da revisão realizada verifica-se o problema da existência de pouco material, de qualidade, disponível em língua portuguesa, nomeadamente em temas da Mecânica. Também há carência de pesquisas que façam uma avaliação mais profunda das relações que envolvem o QI, o aluno, o professor e o conteúdo estudado, no caso desta investigação, na Mecânica. Poucas são as pesquisas que apresentam os resultados após a aplicação desta ferramenta de ensino, com uma avaliação do impacto, bem como uma análise dos processos, comportamentos e atitudes por parte de alunos e professores. Desta forma, temos várias ferramentas e publicações sobre o uso das tecnologias no ensino da Física, mas poucas são as investigações sobre os seus resultados, conseqüentemente são necessárias pesquisas para se entender os reais avanços e as verdadeiras mudanças nas práticas docentes.

2.3 Simuladores computacionais

O ensino da Física, pelo alto nível de abstração das suas leis, modelos e teorias, exige um grande esforço dos alunos do ensino secundário para a sua compreensão. As principais dificuldades, já apresentadas no capítulo anterior desta tese, são sobretudo de nível conceitual: fazer distinções entre conceitos; fazer o uso correto da linguagem física em diferentes contextos; domínio de conhecimentos matemáticos; explicar o significado físico de uma equação; relacionar gráficos com conceitos físicos e com o mundo real.

Diante desta problemática, a visualização desempenha um papel muito importante no ensino e aprendizagem da Física para mostrar fenómenos ou apenas objetos matemáticos. Os modelos mentais que os alunos têm sobre determinado fenómeno, muitas vezes modelos incorretos provenientes da sua interação com o cotidiano, resultam na formulação de pré-concepções, como também já referimos no capítulo anterior; a visualização nesta perspectiva pode dar um contributo fundamental, levando o aluno à revisão das mesmas e, se a tarefa o envolver ativamente, à elaboração de um novo conceito, o conceito científico. Poder visualizar um fenómeno e perceber que afinal este não era como o modelo mental previamente construído ajuda os alunos a entender a importância do conhecimento científico (Araújo & Veit, 2008). Quando os estudantes aprendem os conceitos físicos por visualização de imagens estáticas e

constroem modelos mentais incompletos ou incorretos, isso acaba por dificultar a aprendizagem mais profunda desses conceitos (Beichner, 1996).

Segundo Gobert (2005), as visualizações são categorizadas em três tipos: externas, internas e habilidade espacial. A visualização externa é a forma “mais utilizada para a aprendizagem” (p.73), nomeadamente no ensino das ciências; são representações que vêm auxiliar o ensino e a aprendizagem de determinados temas e conceitos abstratos, como por exemplo, as realizadas por gráficos, diagramas, maquetes e simulações, tendo como principal vantagem permitir desenvolver o pensamento a partir do visual, em vez do abstrato e dos termos simbólicos. A visualização interna envolve processos cognitivos que descrevem construções mentais e implicam “ver com os olhos da mente” (p.73). Já a visualização como uma habilidade espacial é usada para “descrever um tipo de habilidade para manipular ou transformar a imagem nas outras modalidades” (p.74). Para a referida autora esses tipos de visualização não são construções mutuamente exclusivas, podendo o processo de construção do conhecimento envolver a todos.

Segundo Jonassen (2000), a maneira mais eficaz de apoiar a construção de modelos conceituais é envolver os alunos na utilização de uma variedade de ferramentas para construir modelos físicos, visuais e lógicos dos fenómenos.

Teodoro e colaboradores (2012) destacam que a visualização no computador pode vir a ajudar os alunos a criar significado a partir de manipulações de objetos abstratos e, acima de tudo, levar a ganhos na compreensão conceitual. Uma das abordagens mais progressivas de ensino e aprendizagem da Física permeada pelo computador são os métodos de modelagem e de simulação (Teodoro *et al.*, 2002), que vêm complementar os laboratórios reais. Trataremos neste trabalho, em específico, o método de simulação computacional.

Uma revisão da literatura realizada por López, Veit e Araújo (2016) apresentou como resultado que um importante número de trabalhos se concentra em mostrar como o *software*, quer para modelação, quer para simulação computacional, tem sido de grande ajuda para auxiliar o ensino de conceitos físicos.

Segundo Jimoyiannis (2008), as simulações, pelo seu alto potencial de visualização, podem oferecer benefícios significativos ao ensino, superando assim os

obstáculos em fazer experimentos. Uma vez que as simulações científicas são demasiado complexas para serem usadas no contexto educativo, as simulações educativas foram criadas, segundo o mesmo autor, para facilitar a aprendizagem dos alunos, “uma simulação educativa é uma representação abstraída do sistema alvo, que não é tão complexa nem tão realista quanto as simulações científicas” (2008, p.110).

De Jong e van Joolingen (1998) classificaram as simulações educacionais em duas categorias: simulações operacionais e simulações conceituais. Para estes autores a primeira categoria é usada mais para treinamento, facilitar o conhecimento prático como, por exemplo, treinamento médico e treinamento de pilotos. Já as simulações conceituais visam facilitar a construção do conhecimento conceitual entre os alunos, “simulam as relações que existem entre as variáveis de um sistema do mundo real, enquanto, ao mesmo tempo, permitem que o usuário manipule essas variáveis” (*op. cit.*, p.5).

As simulações educacionais apresentadas por computador, também chamadas simulações computacionais, são programas que permitem ao usuário interagir com uma representação computadorizada do modelo científico do mundo natural ou físico, podendo ser usadas por professores e também diretamente por alunos para explorar vários sistemas e manipular variáveis. López *et al.* (2016, p.3) apontam que, “numa simulação computacional que representa um modelo físico, o aluno pode inserir os valores iniciais para as variáveis, alterar os parâmetros e, numa extensão limitada, alterar a relação entre variáveis” essa vantagem também é apontada por Jimoyannis e Komis (2001), Hennessy *et al.* (2007), Marques (2011), Rutten *et al.* (2012), entre outros.

A visualização de fenómenos físicos por meio do uso de simuladores computacionais auxilia no emprego de uma variedade de representações (imagens, animação, diagramas, gráficos, vetores, entre outras) que são úteis na compreensão dos conceitos, permitindo apresentar versões simplificadas da realidade (Blake & Scanlon, 2007; Jimoyiannis & Komis, 2001; Marques, 2011). Proporcionando uma visualização diferente da observada apenas pelo uso simbólico e abstrato de determinada teoria ou modelo, elas permitem aos estudantes pensar a partir do visual (Gobert, 2005). Por outro lado, são projetadas para facilitar a instrução e aprendizagem das ciências, em

especial da Física, através da visualização e da interatividade melhoradas com modelos dinâmicos de fenômenos naturais (de Jong & van Joolingen, 1998; Marques, 2011).

De acordo com Recchi, Gagliardi, Grimellini e Levrini (2006, p.411):

- As simulações computacionais eficazes são construídas sobre modelos matemáticos para descrever com precisão os fenômenos ou processos a serem estudados;
- Uma simulação computacional bem projetada pode envolver o aluno na interação, ajudando-o a prever o curso e os resultados de certas ações, compreender porque acontecimentos observados ocorrem, explorar os efeitos de modificar conclusões preliminares, avaliar ideias, ganhar *insight* e estimular o pensamento crítico.

Além do seu elevado poder de interatividade, estas ferramentas permitem aos alunos confrontar suas próprias crenças trabalhando, recebendo *feedback* imediato sobre dados originais e/ou reais e tomando decisões personalizadas de resolução de problemas (Rose & Meyer, 2002; Marques, 2011), assim, são auxiliados a desenvolver a compreensão científica através de uma reformulação ativa de seus equívocos. Gaddis (*apud* Medeiros & Medeiros, 2002, p.80) acrescenta que as simulações auxiliam os alunos “a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta”.

Encontramos na literatura muitos estudos sobre as simulações educacionais, onde são propostas como ferramentas eficazes para apoiar a compreensão dos alunos, pois através da grande variedade de oportunidades para a modelagem de conceitos fornecem uma ligação entre o conhecimento prévio e a aprendizagem de novos conhecimentos físicos, ajudando os alunos a desenvolver o entendimento científico através da mudança conceitual (de Jong & van Joolingen, 1998; Jimoyiannis & Komis, 2001; Rose & Meyer, 2002; Jonassen *et al.*, 2003; Jimoyiannis, 2008; Rutten *et al.*, 2012; entre outros).

Outro aspeto muito importante é o modo de apresentação de uma simulação computacional. Um estudo realizado por Crouch, Fagen, Callan e Mazur (2004) assinalou que os alunos que passivamente observam as simulações não entendem os conceitos subjacentes melhor do que os alunos que não veem a simulação. Os estudantes que predizem o resultado antes de vê-lo exibem uma compreensão significativamente maior. Quando os alunos simplesmente observam uma simulação computacional e subsequentemente escutam a explicação do professor, a situação de

aprendizado é comparável com a instrução tradicional, ou seja, não há impacto na sua utilização. Para haver um impacto nas aprendizagens é necessário dar a oportunidade de os alunos preverem os resultados antes de verificar e discutir os resultados observados, antes e depois da explicação do professor. Essa é outra vantagem do uso das simulações: a possibilidade de ensino através de um processo de elaboração de hipóteses e teste de ideias (de Jong & van Joolingen, 1998; Jimoyiannis & Komis, 2001; Blake & Scanlon, 2007; Hennessy *et al.*, 2007; Chang, Chen, Lin & Sung, 2008; Marques, 2011; Rutten *et al.*, 2012; entre outros).

Assim, as simulações computacionais têm o potencial de tornar a instrução em sala de aula mais interativa e autônoma e tornar os conceitos abstratos mais concretos, sendo assim um complemento às estratégias de ensino.

Blake e Scanlon (2007) incluem entre as possíveis razões que levam os professores a usar simulações computacionais:

- A economia de tempo, permitindo-lhes dedicar mais tempo aos alunos em vez de à instalação e supervisão de equipamentos experimentais;
- A facilidade com que as variáveis experimentais podem ser manipuladas, permitindo estabelecer e testar hipóteses;
- A provisão de formas de apoiar a compreensão com representações variadas, tais como diagramas e gráficos.

Experiências com atividades de simulação em sala de aula têm mostrado que estas promovem motivação nas aulas (Rutten *et al.*; 2012; Chang *et al.*, 2008; Zacharia & Olympiou, 2011; Duran, Gallardo, Toral, Martinez-Torres & Barrero, 2007; entre outros). Face às potencialidades do uso de simulações computacionais para o ensino e aprendizagem da Física, sabemos que é essencial que o aluno esteja motivado e envolvido, que seja ativo na construção do seu conhecimento, e que atinja níveis cognitivos mais elevados desenvolvendo assim novas habilidades (Bloom *et al.*, 1956) Para isso é de suma importância que os professores preparem o ambiente em que se vão utilizar as simulações computacionais, pois caso contrário estar-se-ia reproduzindo aprendizagens passivas, onde apenas se inovou os recursos educacionais, mas a metodologia permaneceu a mesma. Ao fazer uso desta tecnologia, o aluno deve estar

envolvido, deve ter a oportunidade de discussão, de raciocínio, de interpretação e reflexão. As atividades a desenvolver precisam despertar o interesse e motivar o aluno para a resolução. Cabe ao professor escolher o melhor simulador para trabalhar com a turma e planejar a sua aula da melhor forma, avaliando o real impacto da sua utilização na aprendizagem dos alunos.

Há várias estratégias pedagógicas de o professor fazer uso desta ferramenta em sua prática, defendemos e concordamos com Hennessy *et al.* (2007) que a melhor maneira de envolver o aluno é criar oportunidade de ele explorar, participar e manipular a simulação, deixando-o interagir diretamente com os conceitos que estão a ser modelados, dando-lhe tempo para refletir sobre “*o que acontece se...?*”, discutindo o que aconteceu, pondo em confronto as pré-concepções com os conceitos científicos. O papel do professor neste contexto é promover a mudança cognitiva de seus alunos, e o uso de simuladores auxilia nesse processo, apoiando o aluno no teste de hipóteses e na tomada de decisões.

Smetana e R. L. Bell (2012) realizaram uma grande revisão na literatura sobre o impacto das simulações computacionais no ensino e aprendizagem das ciências. Estes autores relataram os resultados de 61 estudos empíricos que trataram da eficácia e das implicações das simulações computacionais na instrução científica nas últimas quatro décadas. Com base nesse estudo apontaram que as simulações por computador são mais eficazes quando: são usadas como complemento; incorporam estruturas de apoio de alta qualidade; incentivam a reflexão dos alunos e promovem a dissonância cognitiva. Os mesmos autores destacam que a eficácia do uso de simuladores computacionais vai depender da maneira como são usados, devendo levar em consideração estratégias que apoiam a aprendizagem significativa.

Na mesma revisão, aqueles autores indicaram limitações a superar nas futuras linhas de pesquisa: sugere-se mais investigação sobre o uso de simulações computacionais em diversas populações (ensino básico, secundário e superior); investigar as questões pedagógicas do seu uso, ou seja, a maneira como os professores usam as simulações para envolver ativamente os alunos; compreender a sequência instrucional em que as simulações são usadas para ter impacto na aprendizagem dos alunos; compreender como as experiências dos professores que já utilizaram e

beneficiaram da aprendizagem com simulação influenciam o próprio ensino e os próprios alunos.

Estes problemas de ordem didática muitas vezes estão relacionados ao fato de as simulações serem projetadas por programadores ou técnicos que não estão em contato com o ambiente escolar e que, ao elaborarem esses recursos, deram menor atenção a teorias de ensino e aprendizagem. Para minimizar esses problemas é necessário envolver os professores, investigar com e a partir deles os verdadeiros problemas e lacunas do ensino e aprendizagem dos temas que se pretendem apresentar no simulador, verificando a melhor maneira de elaborar um recurso que possa potencializar as aprendizagens. Dentro deste contexto, um trabalho relevante foi o de Veraszto *et al.* (2015), que desenvolveram com um grupo de estudantes do ensino superior em Ciências da Computação, várias animações computacionais com temas da Física. Para isso e com o objetivo de obterem informações sobre esta disciplina, envolveram professores do ensino secundário no estudo, recolhendo as suas opiniões sobre os problemas do ensino da Física, os interesses dos alunos e também ideias para diversificar o ensino em sala de aula. Por fim, essa prática de envolver os docentes na elaboração de RED foi aprovada pelos professores, que consideraram as animações uma mais-valia para as aprendizagens.

Outra limitação para o uso de simulações computacionais nas aulas de Física e um dos problemas com que os professores se deparam é, com frequência, a ausência de sugestões de exploração didática adequada, que tornem este recurso verdadeiras ferramentas de apoio ao ensino e aprendizagem (Paiva & Alves da Costa, 2005; Carvalho, 2015). Por exemplo, Lee e Hwan (2015) desenvolveram um programa de simulação computacional sobre movimento circular que aplicaram de formas diferentes a quatro turmas do ensino superior, em que aconselharam, por fim, que para o uso eficaz da simulação é necessário que os professores elaborem guiões de atividades exploratórias para acompanhar o recurso.

Muitos são os benefícios do uso das simulações computacionais no ensino da Física, mas vale destacar a forma com que elas são inseridas em sala de aula, uma vez que elas são um complemento, não substituindo a instrução do professor e o seu impacto dependerá muito da maneira como são usadas.

Diante disso, estando consciente das vantagens e da eficácia do uso de simuladores computacionais para o ensino de conceitos da Física e das limitações de investigação que foram apresentadas acima, assumimos e propomos neste trabalho de investigação o professor como um sujeito que está envolvido em todas as etapas da concepção de um simulador computacional por nós elaborado, bem como um guião de atividades com o objetivo de minimizar as limitações pedagógicas do recurso.

Ao propormos a combinação de duas ferramentas tecnológicas, usando a simulação através de um QI destacamos o *ensino interativo de classe inteira*, também proposto por Hennessy *et al.* (2007, p.147) e segundo o qual este tipo de ensino “apoia a construção coletiva do conhecimento científico”. Este tipo de situação facilita a mudança concetual através da participação dos alunos na expressão à turma de suas ideias, pré-concepções, e na decisão e construção conjunta do conceito científico.

2.4 O quadro interativo no apoio ao ensino e aprendizagem

O QI é um dispositivo de apresentação que devido às suas características é considerado uma ferramenta de ensino com muitas potencialidades pedagógicas e didáticas (Cruz & Lencastre, 2013) sobretudo pela interatividade que o caracteriza. A história dos QI é significativamente diferente da de outras tecnologias que estão ao serviço educacional, pois esta foi desenhada desde o início para o uso escolar:

Os Quadros Interativos Multimédia são realmente a primeira tecnologia eletrônica educativa concebida para ser utilizada pelos professores. (...) Porque a tecnologia dos QI foi especialmente concebida com a educação em mente, a maioria dos fornecedores mostra considerável empenho e capacidade de resposta às necessidades deste mercado (Betcher & Lee, 2009, p. 5).

Trata-se de um dispositivo de entrada e saída de informações, com uma escala suficiente para comunicação com toda a turma. As imagens do computador são projetadas para o quadro através de um projetor de dados, onde podem ser vistas e manuseadas. Há diferentes modelos de QIs, mas essencialmente é um sistema composto por um conjunto de equipamentos tecnológicos (Fig. 1), sendo eles: quadro (lousa), projetor de dados e computador.



Figura 1 – Elementos componentes do QI

O controlo do QI é feito no computador, sendo a sua calibração fundamental para o seu bom desempenho, o que se deve fazer sempre que se deslocar o projetor ou quando se troca o computador.

Em Portugal, conforme já referimos anteriormente, os últimos dados divulgados pela DGEEC (2016) indicam que 81% das escolas públicas possuem QI, numa média de seis QI por escola. Nas escolas, a grande maioria dos QI é de projeção frontal, ou seja, o projetor está colocado em frente ao QI, quer fixo no teto, quer suspenso num braço fazendo parte integrante da estrutura. Quanto ao tamanho e ao formato, os QIs também variam muito, o tamanho mais habitual é o de 72 polegadas e o formato mais comum 4:3 (Ferreira, 2011).

Existem diferentes tipos de tecnologia dos QIs: analógica resistiva, eletromagnética, ultrassónica, por infravermelhos e de leitura ótica. Em Portugal os mais comuns nas escolas são os QI de tecnologia resistiva. Os quadros de tecnologia resistiva são modelos mais sofisticados, pois funcionam sem o auxílio da caneta, permitindo interagir no quadro com o dedo, por isso não há a necessidade e preocupação de estar a recarregar a caneta; são também mais duráveis. No entanto têm a desvantagem, na nossa opinião, da difícil utilização pelos alunos, porque qualquer toque na superfície, seja com a mão ou até com a própria roupa, provoca impulsos reativos, interferindo no trabalho que se está a fazer. Os quadros de tecnologia eletromagnética funcionam com canetas interativas, a sua superfície é rígida como a dos quadros brancos comuns, são modelos menos sofisticados sob o ponto de vista tecnológico e, por isso,

custam menos. Um dos grandes benefícios, também considerado por nós, é de os alunos poderem apoiar-se no quadro enquanto estão a trabalhar sem este ter qualquer reação, deixando-os assim mais confortáveis com esta tecnologia.

Cada QI vem acompanhado por um *software* cujas características vão depender da tecnologia adquirida, podendo os usuários controlá-lo no computador ou mesmo no próprio quadro. Os comandos são dados pelo computador através do *mouse* quando se usar o computador e no quadro, um grande *écran* branco e tátil, são dados ou por uma caneta interativa própria do quadro ou pelo próprio dedo do utilizador, conforme referido acima.

O *software* vem em pacotes onde podemos encontrar os *drivers* de ligação computador/QI, que permitem a conexão entre estes dois elementos, e o *software* especializado, que vai depender da marca adquirida. Isto, segundo Betcher e Lee (2009), acaba por ser um problema para os professores, pois são obrigados a construir recursos para os diferentes QI. Na verdade, ao mudar de marca de QI, com o seu *software* específico, perdem-se todos os recursos que se construíram para usar noutro modelo de QI, ou pelo menos a maior parte das funcionalidades do recurso, e os professores acabam por perder muitas horas a construir os recursos educativos de qualidade para os diferentes modelos de QI o que conjuga num fator de desmotivação muito forte para os professores.

O *software* oferece uma gama de ferramentas diferenciadas para que os seus utilizadores possam preparar atividades, apresentações e ações com os demais aplicativos do computador. Sem esse *software*, o QI passa a ser utilizado, basicamente, como um *écran* (tela) de projeção, sendo assim, os professores ao depararem-se com esta limitação do QI, remetem-se a usá-lo apenas como projeção. Existem várias possibilidades de ferramentas digitais e mediáticas, tais como: escrita em espessuras e cores diferentes; reconhecimento de formas geométricas e escritas; ferramentas de arrastar, conter, mover, duplicar, revelar, nomear objetos; gravação das construções realizadas na aula; ferramentas de medição na tela (régua, esquadro e compasso); ferramenta de sons, imagens e vídeo; etc.; uso de outro *software*, existindo mesmo *software* e simuladores que podem ser desenvolvidos para se trabalhar no QI.

O aumento da existência destas infraestruturas nas escolas não é diretamente proporcional à utilização das mesmas, o que é um problema a tratar. Muitos estudos

(Levy, 2002; BECTA, 2003; Smith, Higgins, Wall & J. Miller, 2005; Glover & D. Miller, 2009; Türel & Johnson, 2012; Cruz & Lencastre, 2013; entre outros) relatam que a escassez da sua utilização está ligada ao fato de os professores não terem a devida formação, sendo os conhecimentos e experiências específicas da área de cada professor insuficientes. Como resultado, eles não utilizam os QI, pois para além dessa insuficiência não acreditam no uso eficaz do mesmo. O estudo de Silva e Torres (2009), entre outros, relata que a maior parte dos professores utilizam o QI em suas aulas essencialmente para projetar textos, imagens ou ficheiros (*excel* ou *word*), ou seja, apenas como uma tela para projeção, não utilizando o potencial pedagógico de suas ferramentas.

Gómez, Morales e Fernández (2010, pp. 204-205) destacam algumas das atividades de aprendizagem que podemos realizar através do QI:

- Manipular textos e imagens;
- Tomar notas em formato digital e guardar as notas para revisão através do correio;
- Visualizar páginas da *Web*;
- Criar atividades eletrônicas como planilhas e imagens;
- Listar e escrever notas sobre vídeos educativos;
- Usar ferramentas de apresentação incorporadas no QI para melhorar os recursos educativos criados ou apropriados;
- Apresentar trabalhos dos alunos;
- Usar *software* sem ter de manipular o teclado ou o *mouse*;
- Interligar vários QI em diferentes lugares através da identificação do *Internet Protocol* (IP).

M. A. Bell (2002), após sua pesquisa de doutoramento que envolveu professores e alunos, indica treze razões para o uso do QI:

1. Potencial de apresentações, ao permitir que o professor não se desloque do quadro e saliente diversas particularidades facilmente com o dedo ou uma caneta;
2. Possibilidade de cor e imagens;
3. Diferentes sensações, como visuais, auditivas e táteis;
4. Entusiasmo demonstrado por todos os níveis de ensino no uso dessa ferramenta;
5. Possibilidade de praticar ensino a distância;

6. Rentabilização dos recursos, ao maximizar o uso de apenas um computador;
7. Encorajamento do pensamento crítico dos alunos, seguindo uma base de ensino construtivista;
8. Não utilização de giz ou outros materiais passíveis de sujar as mãos;
9. Possibilidade de utilização fácil pelos estudantes com dificuldades motoras;
10. Interatividade;
11. Utilização de imagens provenientes de diversos suportes e oportunidade de interação com as mesmas;
12. Facilidade de armazenamento do que é escrito e de sua impressão, permitindo a discussão de ideias, não limitando a aprendizagem à cópia de conteúdos;
13. Caráter de ímã que é apreciado por todos.

Sampaio e Coutinho (2013, pp. 743-744) indicam que o QI facilita o trabalho do professor, pois permite a inserção de imagens, gráficos, folhas de cálculo, texto acrescido de anotações realizadas quer pelo docente quer pelos alunos; permite a adaptação de materiais em tempo real e possibilita um maior *feedback*. Silva e Torres (2009) destacam que com os QIs é possível criar, modificar, visualizar uma determinada informação recorrendo apenas a uma caneta ou outra tecnologia similar.

O QI é uma ferramenta tecnológica que pode ser utilizada em qualquer disciplina e em qualquer nível de ensino. Auxilia a potenciar aulas mais dinâmicas, interativas e motivadoras e mais próximas da realidade dos nossos alunos, que chegam às escolas cada vez mais tecnologicamente envolvidos e ávidos por novidades. Sendo uma ferramenta interativa, permite e promove a construção do conhecimento por parte dos alunos, possibilitando que estes sejam atores principais neste processo.

O QI pode servir para que o aluno se sinta envolvido e motivado, contribuindo assim para a sua aprendizagem. De acordo com a pesquisa de Levy (2002), o uso do QI aumenta o prazer e a motivação de todos os participantes da sala de aula. Segundo Cruz e Lencastre (2013), a sua utilização pode favorecer a interatividade¹², a colaboração e a troca de saberes na aula. Kennewell (2001) mostrou que os alunos gostam de apresentar

¹² O termo *interatividade*, no contexto educativo, engloba a forma como os professores e alunos reagem uns com os outros e com os materiais disponíveis para a aprendizagem (Glover, Miller & Averis, 2005).

e discutir seus trabalhos através de QIs e que essa partilha com os demais colegas é um fator essencial para aumentar a motivação e os ganhos de aprendizagem. Através do seu uso, o aluno pode sair do seu lugar e vir interagir com o conteúdo que está a ser desenvolvido, tendo um rico momento de atividade e colaboração. O aluno é convidado a sair da sua zona de conforto e vir, juntamente com o apoio do grande grupo-turma e do professor, participar de uma forma ativa na construção do conhecimento, onde pode através das diversas ferramentas que compõe o QI observar, testar, validar novos conhecimentos.

Por meio de um QI os professores podem enriquecer sua instrução com várias estratégias e técnicas e, portanto, aumentar a atenção, motivação, envolvimento, interação e colaboração dos alunos nas aulas (Levy, 2002; Becta, 2003; Beauchamp & Parkinson, 2005; Hall & Higgins, 2005; Glover, Miller, Averis & Door 2007; Betcher & Lee, 2009; Campbell & Martin, 2010; Türel & Johnson, 2012; entre outros). Existe todo um conjunto de elementos, desde as atividades propostas à forma de estar na sala de aula, da organização do espaço à seleção dos temas, que devem envolver toda a turma, tornando o ambiente de aprendizagem por si só interativo.

Com o auxílio das ferramentas do QI, o professor pode construir seus materiais de aula no *flipchart* com o *software*, juntamente com a turma e após a aula guardar e partilhar. Isto é uma mais-valia porque o material foi construído com ajuda dos principais elementos da aprendizagem e não apareceu como uma coisa pronta, acabada, as ideias individuais estão ali expressas, escritas, registadas, o que pode proporcionar um maior entusiasmo para uma posterior revisão e estudo extraclasse.

O sucesso do uso do QI vai depender de como essa tecnologia é concebida pelo professor e do que ele entende por interatividade, por outro lado afeta o tipo de estratégia utilizada em sala de aula. Um estudo realizado por Moss *et al.* (2007, p.40) avaliou a introdução dos QIs em escolas secundárias de Londres, distinguindo três tipos de uso interativo da tecnologia:

- 1- Interatividade técnica: onde o foco está em interagir com as instalações técnicas do quadro;
- 2- Interatividade física: onde o foco está em que os alunos “vão até a frente” e manipulem os elementos do quadro;
- 3- Interatividade concetual: onde o foco está em interagir com, explorar e construir conceitos e ideias curriculares.

Os professores são agentes críticos na mediação do uso apropriado do QI para promover interações de qualidade e, portanto, a forma como o professor usa o QI, como acontece a sua mediação entre o QI e os alunos, e como ele explora a interatividade técnica, física e conceitual, são vitais para o sucesso da aula.

No contexto educativo do uso do QI, o termo interativo é usado para descrever quer a interação técnica do quadro, enquanto interface entre o usuário e o computador, quer a interação pedagógica, enquanto estratégia de ensino. Segundo Smith *et al.* (2005), a possibilidade de interseção destas duas vertentes é a grande particularidade do uso do QI no ensino:

(...) o caráter único (...) do quadro interativo reside na possibilidade de conjugar a interatividade técnica e a pedagógica; por outras palavras, reside na oportunidade que esta tecnologia proporciona para a construção coletiva de significado, tanto através da interação dialógica entre os seus utilizadores, como através da interação física com o quadro (p.99).

O ensino de classe inteira que é proporcionado pelo QI facilita a interação dialógica e a colaboração entre os estudantes. Este contexto baseia-se na construção conjunta do conhecimento em que os alunos têm um papel ativo, são incentivados a expor, discutir e avaliar ideias e a explicar raciocínios (Mercer, Hennessy & Warwick, 2010).

Um estudo realizado por Sampaio e Coutinho (2013), apresentando uma síntese de diversas investigações que têm sido feitas, tanto em Portugal como em outros países, sobre a utilização de QIs no contexto educativo, sistematizou as vantagens e desvantagens da sua utilização e avaliou as suas influências e potencialidades no processo de ensino e de aprendizagem. Constatou-se que:

a maioria dos professores aprecia o uso do QI, considerando o aumento da motivação e da aprendizagem conceitual nas suas aulas, mas é necessário combinar tarefas que façam uso das potencialidades dessa ferramenta com um ensino hábil e que recorra à discussão (p.18).

O QI na sala de aula pode ser uma valiosa ferramenta educacional, permitindo grandes mais-valias no processo de ensino e de aprendizagem, redundando quase sempre numa melhoria do referido processo. Considerando sempre as características do

contexto de aprendizagem e incluindo as necessidades e interesses dos alunos, os professores podem colocar uma variedade de estratégias e técnicas em prática usando o QI (M. A. Bell, 2002).

Como já vimos, diversos são os estudos que apontam benefícios do uso de QI em sala de aula, porém há uma escassez de trabalhos que abordem o seu uso específico no ensino e aprendizagem de conteúdos de ciência, em particular da Física.

No ensino da Física, ao fazer uso de um QI o professor pode combinar diferentes estratégias e RED, como por exemplo, um simulador computacional, e através destes toda uma gama de conceitos pode ser facilmente explorada de uma forma dinâmica e gráfica que não é possível usando um quadro de ensino tradicional. Essa combinação beneficia das ferramentas interativas de ambos os recursos, envolvendo mais ativamente o estudante e assim potenciando aprendizagens mais significativas. O professor deve criar oportunidades aos alunos para interagir também (Smith *et al.*, 2005), tanto com o simulador quanto com o QI, deve ser um mediador neste processo, levando seus alunos a testar novas hipóteses, a criar estratégias, observar, jogar com “*o que acontece se*”, discutir e comunicar os resultados. Desta forma, aumenta o potencial de interação, motivação e envolvimento ativo dos alunos, ainda mais quando estamos a falar no ensino de classe inteira, onde os alunos e professor estão a interagir uns com os outros e com os recursos disponíveis.

Combinar ferramentas nas aulas de Física permite que o aluno interaja ainda mais com o conteúdo estudado, usando o exemplo acima, ao usar um simulador computacional no QI a simulação pode ser realizada à frente da classe inteira, onde o professor poderá simular, utilizando o seu dedo ou uma caneta para manuseá-lo, e o movimento da simulação pode ser parado a qualquer momento. Além disso, os alunos podem vir realizar a simulação no QI, e a interação dialética pode ocorrer durante toda a atividade. Desta forma, o usuário fica em frente da simulação dialogando com os demais elementos da classe, a qualquer momento a simulação pode parar, pois o usuário, ao contrário do que acontece quando a simulação é apenas projetada, sem um QI, tem a possibilidade de estar junto das ferramentas, não precisa se deslocar para parar e depois vir até a projeção para discutir os resultados. O professor tem o benefício de trabalhar com diferentes estratégias ao mesmo tempo, pode estar a trabalhar numa atividade qualquer, um texto, uma imagem, um vídeo ou um simples exercício, sem

precisar de apagar o quadro e ligar o projetor para fazer uma simulação num simulador, como ocorre no quadro normal. Com o QI pode abrir o simulador e trabalhar ao mesmo tempo.

Esse é o objeto do nosso estudo, em que foi programado um *software* de simulação para trabalhar conceitos da Mecânica combinando o seu uso com o QI, elaborou-se também um guião de atividades para auxiliar o professor. A esta combinação do simulador com o QI e o guião chamamos *dispositivo pedagógico*, que será apresentado no próximo capítulo.

Diante disso, concordamos com Meireles (2006), segundo o qual o uso do QI pode ser uma estratégia poderosa de ensino e aprendizagem, que pode mudar as metodologias e práticas dos professores, desde que sejam utilizados conteúdos com qualidade e que permitam a interatividade e a envolvência de toda a turma. Acreditamos que a grande mais-valia do uso dos QI em sala de aula, além de todas as suas possibilidades de trabalho, é poder também combinar outros RED beneficiando das suas ferramentas, conjugando recursos de grande valia para o uso em sala de aula.

SEGUNDA PARTE

ESTUDO EMPÍRICO

CAPÍTULO 3 – DISPOSITIVO PEDAGÓGICO PROPOSTO

Ao longo deste capítulo é nossa intenção apresentar a combinação dos recursos educativos digitais utilizados no presente estudo (simulador computacional e QI) orientada por um guião de exploração didática, como um dispositivo pedagógico (Fig. 2), uma vez que vai para além de uma mera estratégia técnica utilizada por nós. Este dispositivo constitui-se como uma forma própria de interação, comunicação e de produção de conhecimento que valoriza os saberes dos alunos e que proporciona espaço para a integração e partilha desses saberes.

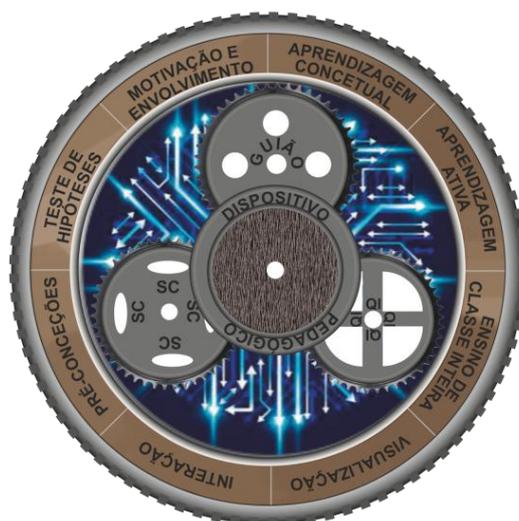


Figura 2 – Representação do dispositivo pedagógico.

O nosso objetivo é mostrar de que maneira cada recurso foi utilizado para poder se constituir como parte integrante do dispositivo pedagógico e como este resulta num todo integrado cuja contribuição vai além da soma das partes.

3.1 Simulador computacional

O simulador foi construído¹³ em *VPython*¹⁴, uma biblioteca de objetos gráficos 3D associada à linguagem de programação *Python* que permite criar e animar modelos. Na construção da simulação, usou-se também a biblioteca *WxPython* que permitiu inserir *menu* e *botões*. É uma linguagem aberta, gratuita e funciona nos sistemas operativos *Windows*, *Linux* ou *MacOS*. Seu objetivo é facilitar a criação rápida de simulações e protótipos que não requerem soluções complexas. O *VPython* permite aos usuários criar objetos como esferas no espaço 3D por exemplo, e exibe esses objetos numa janela. Isso torna mais fácil criar visualizações simples, permitindo que os programadores se concentrem no aspeto computacional de seus programas. A simplicidade do *VPython* tornou-o uma ferramenta para ilustração da Física, especialmente no ambiente educacional.

A nossa ideia, bem como das professoras que participaram do processo de planeamento do simulador, era de ter um simulador simples em língua portuguesa, em que pudessem ser explorados os fenómenos físicos e por consequência os conceitos relacionados a eles, que explorasse principalmente o movimento de uma bola num plano inclinado com a sua respetiva representação gráfica.

Entre as características do simulador construído, destacamos:

- Interface gráfica de comunicação com o usuário;
- Animação do modelo;
- Relatórios em tempo real sobre a simulação executada.

Abaixo (Fig. 3) apresentamos o *écran* principal do simulador construído para o presente estudo:

¹³ Disponível em:

http://nautilus.fis.uc.pt/personal/pvalberto/prog_visual_py/plano_inclinado_botoes_menu_v5.1.py

¹⁴ Disponível em <http://vpython.org>

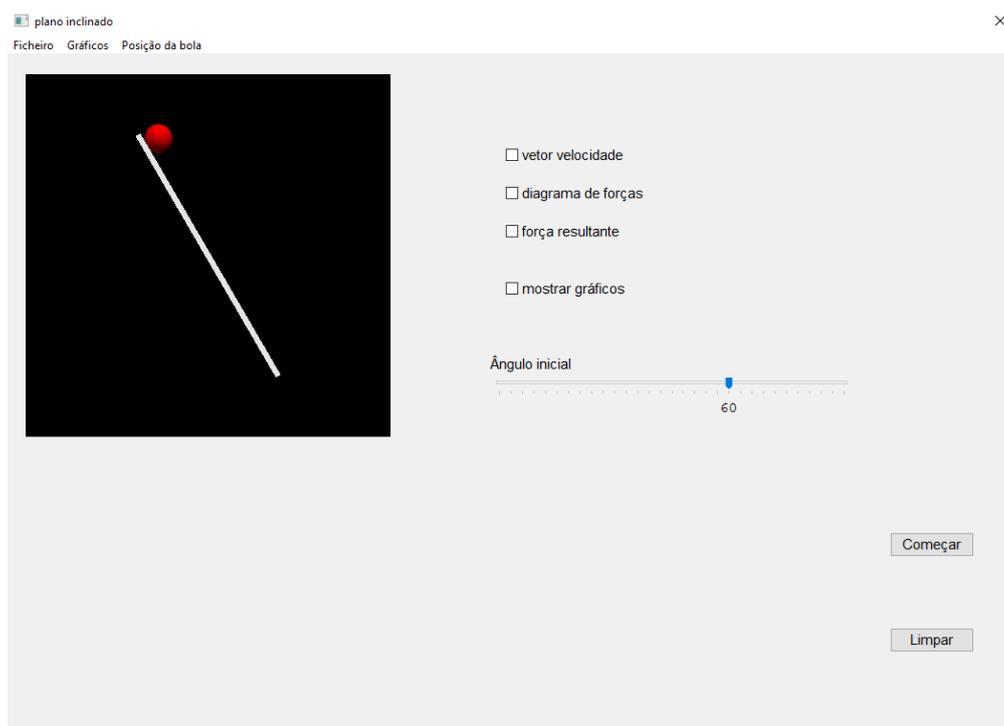


Figura 3 – *Écran* principal do simulador computacional construído.

A partir desde *écran* o usuário poderá fazer suas primeiras escolhas, escolhendo a posição da bola (no início ou no fim da régua) e escolhendo também o tipo de gráfico (posição/velocidade ou energias).

Cada comando do simulador tem uma função específica, como podemos ver Tabela 7 abaixo:

Tabela 7
Funções do simulador computacional.

Comando	Função
Barra de menus: Ficheiro/Gráficos/Posição da bola	Escolher as opções para a simulação; Menu Ficheiro: dar o comando de sair da simulação; Menu Gráficos: Escolher o tipo de gráfico que deseja que apareça no <i>écran</i> (posição/velocidade ou energias); Menu Posição da bola: escolher a posição da bola no início da simulação (posição no início da régua ou posição no fim da régua);
Botão: Limpar	Limpar/apagar todos os gráficos;
Botão: Começar/Parar/Continuar/Recomeçar	Dar o comando do início do movimento, também tem as funções de parar a qualquer instante do movimento e depois continuar, e recomeçar quando finalizou a simulação anterior;
Régua de rolagem: Ângulo inicial	Escolher o ângulo do plano inclinado;
Caixa: Vetor velocidade	Optar se deseja ou não que o vetor velocidade esteja visível;
Caixa: Diagrama de forças	Optar se deseja ou não que o diagrama de forças esteja visível;
Caixa: Força resultante	Optar se deseja ou não que o vetor força resultante esteja disponível;
Caixa: Mostrar gráficos	Aparecer ou não os gráficos;
Janela dos gráficos	Apresenta os gráficos; Realiza 5 curvas/retas de cores diferentes, após estas repetem-se as cores;
Janela da esfera	Mostra o movimento da esfera.

É um simulador que pode ser utilizado quer para o 10º ano quer para o 11º ano, na disciplina de Física. Tem várias opções para exploração concetual, em que o usuário decide o que pretende que esteja visível no *écran*.

Dentre as opções de exploração concetual que podem ser trabalhadas neste simulador destacamos: a exploração dos conceitos da energia cinética, potencial e mecânica; conceitos de posição e velocidade; conceitos de vetor velocidade, do diagrama de forças e de força resultante; conceitos sobre o ângulo do plano. Além de outros conceitos não explorados neste estudo, mas que podem ser trabalhados a partir desta simulação.

De seguida (Fig. 4 e Fig. 5), apresentamos dois *écrans* do simulador com diferentes perspetivas de exploração concetual.

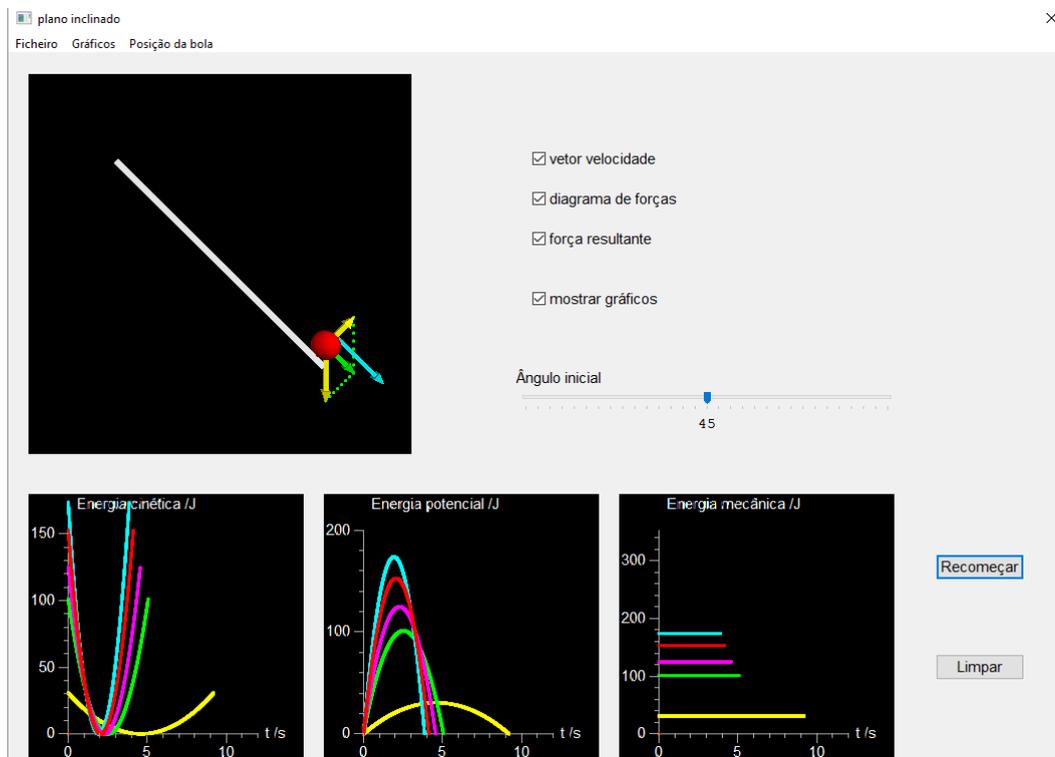


Figura 4 – Écran do simulador computacional, gráficos das energias em função do tempo.

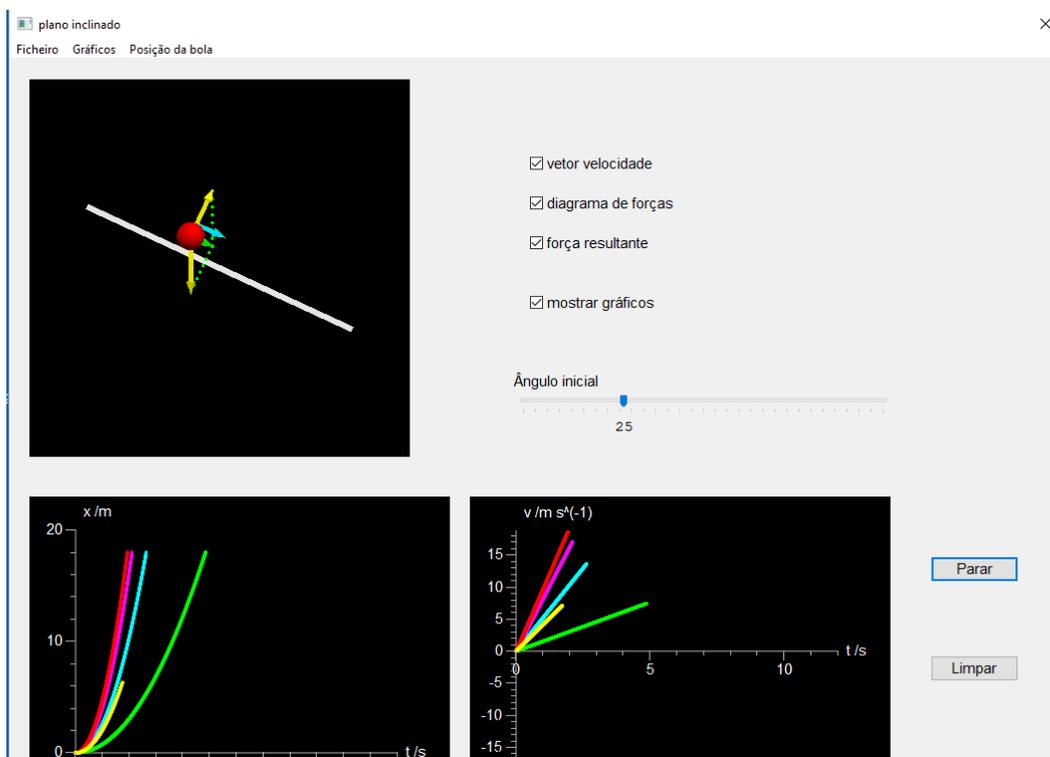


Figura 5 – Écran do simulador computacional, gráficos da posição e velocidade em função do tempo.

Este simulador possibilita ao usuário investigar a influência dos parâmetros nas simulações, como por exemplo, a mudança no ângulo do plano inclinado e sua influência em relação à velocidade e a energia cinética. Essa é uma das várias possibilidades que podem ser exploradas numa aula.

A opção de deixar ou não visível o vetor velocidade, diagrama de forças, força resultante e a representação gráfica, permite que o aluno elabore suas hipóteses sobre o movimento da bola que foi visualizado e depois validá-lo ou não. É um excelente recurso para o professor explorar os conceitos da Física, nomeadamente da Mecânica, onde o aluno pode interagir com o fenómeno a ser simulado. Outra vantagem é a possibilidade da simulação poder ser parada a qualquer momento, podendo assim ser discutidos os resultados que se esperam obter.

O tutorial completo do simulador construído encontra-se disponível no Anexo 5 da presente tese.

3.2 Quadro Interativo

No capítulo 2 desta tese, abordámos as vantagens da utilização do QI em sala de aula bem como algumas das suas características. Neste estudo abordamos o QI como um dispositivo de entrada e saída de informações que quando combinado com outra ferramenta tecnológica propicia maiores interações e envolvimento dos alunos.

Nas duas escolas envolvidas nesta investigação o QI disponível foi o *ACTIVboard* da marca *Promethean*, de superfície rígida, tecnologia eletromagnética, que necessita o uso de uma caneta especial (*ACTIVpen*). O *software* que acompanhava os QIs era o *ACTIVstudio* (Fig. 6).

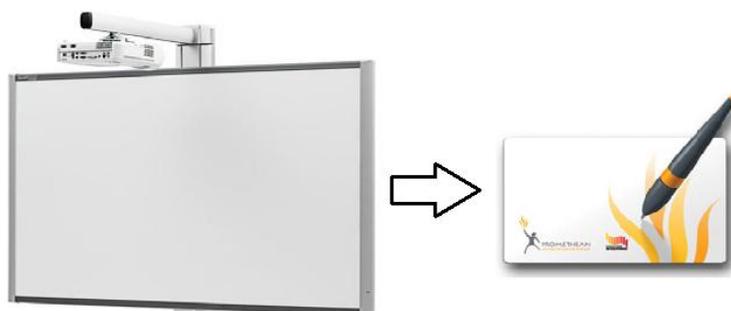


Figura 6 –Modelo do QI e *software* utilizado neste estudo.

O tutorial completo encontra-se disponível no Anexo 5 desta tese. Nessa seção, vamos abordar de que maneira o QI foi abordado neste estudo.

Dentre todos os benefícios para a promoção do ensino e aprendizagem que estes quadros potencializam, buscamos combiná-los de duas maneiras: usando as ferramentas disponíveis no *ACTIVstudio* para a exploração de atividades no *flipchart* deste programa e usando a *ACTIVpen* no manuseio do simulador. Nomeadamente, criar hipóteses, elaborar estratégias no *software* do QI e testá-las e discuti-las no simulador para assim voltando ao *flipchart*, tendo visíveis os resultados/relatórios apresentados na simulação, fazer a validação ou não das hipóteses levantadas.

Com a combinação do simulador com o QI, o usuário, quer seja o professor quer sejam os alunos, pode ficar à frente da simulação, não precisando se deslocar do local onde está o computador para interagir com a simulação, cada vez que deseja indicar alguma ocorrência nova. Com isso a simulação pode ser parada em tempo real usando a caneta, ou seja, no exato momento que o usuário necessitar, assim podem-se garantir maiores interações entre o fenômeno simulado, o professor e os alunos.

O usuário está junto do fenômeno simulado e está também junto das anotações realizadas no *flipchart*, pode ir e retornar a qualquer um deles a qualquer momento que desejar, parar e mostrar no exato momento que algum elemento da classe levanta uma nova questão em frente a toda turma, promovendo assim o ensino da classe inteira.

O uso do QI combinado com outro recurso permite este tipo de interação e envolvimento de todos os sujeitos da sala de aula. É uma mais-valia para o ensino e aprendizagem da Física, pois permite que o aluno se envolva mais com o conteúdo a ser

estudado potencializando assim novas aprendizagens e maior motivação para a aprendizagem nesta disciplina.

3.3 Guião de exploração didática

Um guião de exploração didática é um ‘roteiro’ que vem auxiliar o trabalho do professor em sala de aula. O guião que foi elaborado neste estudo (Fig. 7), como já mencionamos anteriormente, foi elaborado com o auxílio das professoras participantes baseado nas principais pré-concepções sobre os temas da Física abordados. Encontra-se dividido em duas partes: na primeira constam os tutoriais do QI e do simulador e, na segunda parte, sugestões de atividades. O guião completo está disponível também no Anexo 5 da presente tese.

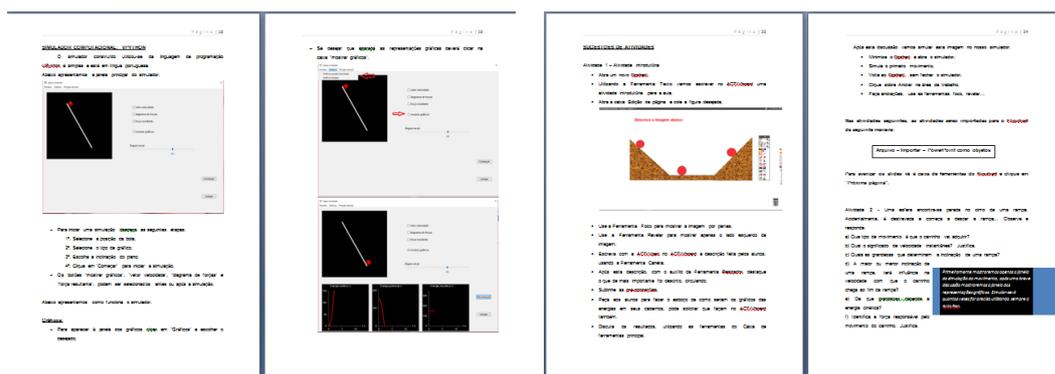


Figura 7 – Imagem do guião de exploração didática elaborado.

Todas as atividades que constam no guião estão acompanhadas com sugestões de como explorá-las usando as ferramentas do QI, bem como do simulador.

O guião foi elaborado com o objetivo de apoiar o trabalho do professor nas aulas de Física, contendo todas as informações necessárias para que a combinação dos dois recursos educativos digitais possa ser trabalhada de uma maneira eficaz. Essas atividades que constam no guião podem ser exploradas em sala de aula através do *flipchart* do *software* do QI, ou seja, podendo ser projetado através do *PowerPoint* (um recurso muito utilizado pelos professores) e inserido nesta página em branco do *software*, ou então na elaboração de um novo *flipchart*.

Para finalizar a Figura 8 apresenta uma imagem de um momento da utilização do dispositivo pedagógico projetado em sala de aula.

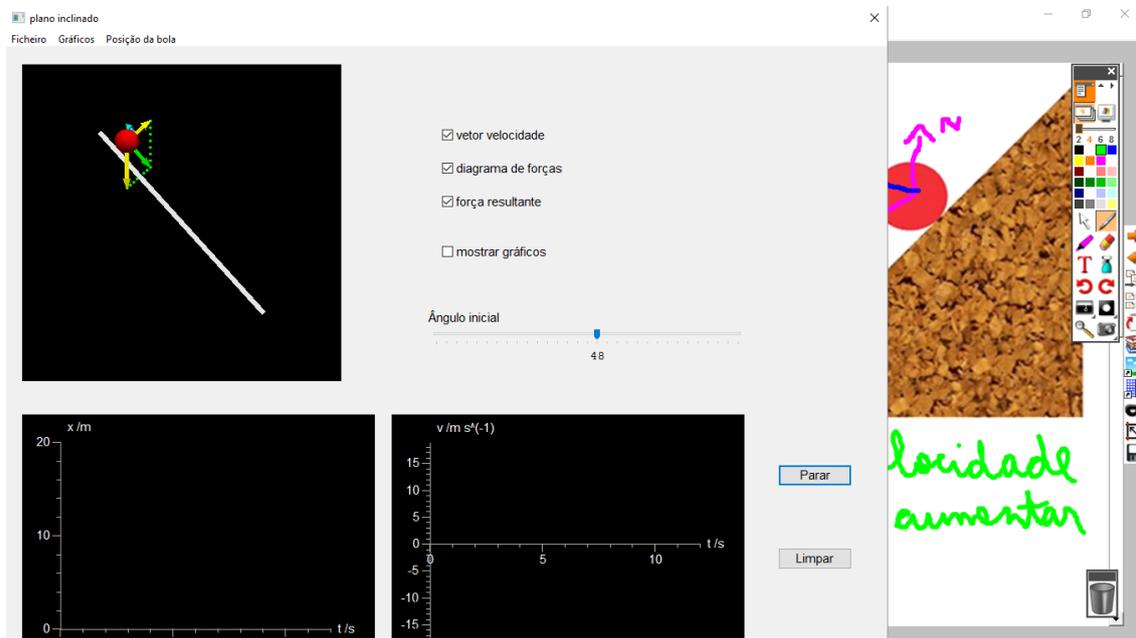


Figura 8 – Imagem da utilização do dispositivo pedagógico projetado.

CAPÍTULO 4 – LINHAS METODOLÓGICAS DA INVESTIGAÇÃO

Neste capítulo, apresentamos a organização do estudo empírico realizado. Começamos por apresentar o nosso objeto de estudo e após enquadrámos as opções de investigação, explicitando as razões que as fundamentaram. Seguidamente apresentamos os instrumentos e procedimentos de recolha de dados, caracterizamos o contexto e os participantes neste trabalho e descrevemos os procedimentos de recolha e de análise de dados.

4.1 Caracterização do objeto de estudo

A nossa tese é investigar a forma como uma simulação computacional de movimentos pode ser um excelente recurso para trabalhar juntamente com um QI no contexto de sala de aula de Física pelas vantagens que caracterizam cada um desses recursos, como já referimos no capítulo 2 da presente tese. Queremos, então, investigar de que maneira a combinação destes recursos tecnológicos em contexto de sala de aula pode vir a potencializar interações e aprendizagens, onde o nosso grande foco é o desenvolvimento e a aprendizagem concetual de temas da Mecânica, articulando as pré-conceções presentes nos alunos e os conceitos científicos a construir. No sentido dessa articulação elaborámos um guião de exploração didática que aborda as principais pré-conceções presentes neste tema. A esta combinação destes dois recursos tecnológicos articulados com intencionalidade educativa na resolução das atividades, chamamos dispositivo pedagógico, caracterizando-o como nosso objeto de estudo.

O dispositivo pedagógico projetado, produzido e analisado parte do pressuposto de que as TIC, aliadas ao processo de ensino e aprendizagem, são ferramentas que

potencializam a aprendizagem, que motivam e envolvem professores e alunos, que desencadeiam atitudes positivas face ao seu uso e que quando combinadas com estratégias de ensino ativas, podem tornar mais eficazes as suas aplicabilidades.

Este estudo justifica-se pela relevância e pertinência que os trabalhos relacionados com as temáticas do QI e dos simuladores computacionais podem assumir no ensino e aprendizagem da Física. A relevância deve-se ao fato das TIC continuarem a assumir uma importância reconhecida no ensino e aprendizagem da Física, tornando-se importante averiguar e compreender as suas utilizações específicas, nomeadamente em que medida poderá a combinação do simulador computacional com o QI favorecer a articulação entre diferentes tipos de saberes (as pré-concepções e os saberes científicos ensinados pela escola). Esperamos que este estudo contribua para a análise dos processos de ensino e de aprendizagem, que possa ajudar a compreender melhor as práticas educativas e, que possa ser fonte de informação sobre métodos, estratégias e recursos que poderão ser úteis para aplicação nas aulas com o objetivo de tornar mais eficaz o ensino de conceitos que tradicionalmente são de mais difícil compreensão. Por sua vez, a pertinência justifica-se por se tratar de um assunto potencialmente inovador, uma vez que na pesquisa bibliográfica que efetuámos não encontramos referências a estudos que discutissem a combinação destas duas ferramentas tecnológicas no ensino e aprendizagem da Física. Assim, parece-nos que este tema é relevante, pertinente e pouco explorado, contendo potencial para gerar novo conhecimento. Estes fatores aguçam o nosso interesse pela temática em causa, por se enquadrar no âmbito da nossa formação e, por essa razão, poder afetar diretamente a nossa prática pedagógica.

Em suma, o dispositivo pedagógico referido é o objeto de estudo desta investigação e o nosso objetivo central é focado na análise da forma como a combinação das duas ferramentas tecnológicas, simulador computacional e QI, mobilizadas para apoio à realização das atividades, poderá contribuir para o ensino e aprendizagem de conceitos da Física, nomeadamente em temas da Mecânica. Desdobrando este objetivo central surgem outros objetivos mais específicos, a saber:

- Contribuir para o uso das TIC no ensino das ciências, em especial da Física e da Mecânica no Ensino Secundário, verificando como podem melhorar as aprendizagens.

- Construir e implementar um *software* de simulação para conteúdos de Mecânica, em *Visual Python*, para que possa ser utilizado em QI.
- Observar e analisar os processos e dinâmicas envolvidos.
- Definir boas práticas para a utilização do simulador computacional no ensino da Física, em particular para o estudo da Mecânica.
- Refletir e analisar teoricamente a respeito das interações na combinação do simulador com o QI no ensino da Física para mudança da prática letiva.
- Avaliar a evolução das atitudes dos professores e alunos ao longo do estudo.
- Avaliar a evolução dos conhecimentos dos alunos participantes.
- Avaliar as implicações ao nível dos processos e dos resultados decorrentes do dispositivo pedagógico organizado.

Tendo em vista os objetivos destacados acima, as possibilidades de atingi-los passam pela procura de respostas a algumas questões-problema. Assim, partindo da questão central “*Quais as implicações educacionais que decorrem do uso, no contexto de sala de aula, de um simulador computacional combinado com um QI na abordagem de temas da Mecânica?*” pretendemos dar resposta às seguintes questões-problema:

1. Quais as atitudes dos professores e dos alunos face à combinação de duas ferramentas tecnológicas, nomeadamente o simulador computacional e o QI, no âmbito da Física?
2. Qual a eficácia do dispositivo pedagógico para ensino e na aprendizagem de conceitos da Mecânica?

As questões enunciadas relacionam-se com os seguintes pontos fulcrais, que enquadram e justificam a pertinência do problema selecionado:

- A comunidade científica, as comunidades escolares e os governos reconhecem a importância das ferramentas digitais no ensino das Ciências;
- As mais recentes reformulações e revisões curriculares nas disciplinas de Ciências, em especial a Física, contemplam o uso de RED, como simuladores, por exemplo;

- A aprendizagem de conceitos de Mecânica é de suma importância para o estudo de outros tópicos da Física;
- O tema Mecânica é uma das áreas da Física que apresenta maior índice de concepções incorretas e também resistentes à mudança;
- As escolas encontram-se apetrechadas de ferramentas digitais, porém é reduzida a sua utilização;
- A visualização a partir do computador auxilia na aprendizagem de conceitos mais abstratos;
- A simulação permite ao aluno que formule e teste hipóteses, validando-as ou não;
- Ao utilizar a simulação o professor potencia a interação na aula, proporcionando debates e discussões sobre os temas.

4.2 Caracterização do estudo desenvolvido

Nesta tese enquadrámos o nosso estudo conforme os seguintes aspetos enumerados por Vilelas (2009): o modo de abordagem; o objetivo geral; os procedimentos técnicos.

4.2.1 Tipo de estudo quanto ao modo de abordagem

Quanto ao modo de abordagem, Creswell (2010) considera a existência de três tipos de estudo: estudos qualitativos, estudos quantitativos e estudos mistos.

Os *estudos qualitativos* são meios para explorar e para entender a realidade, têm natureza flexível em todos os processos de pesquisa: “baseiam-se em dados de texto e imagem” (Creswell, 2010, p. 206). Os investigadores se interessam mais pela compreensão de percepções individuais sobre o mundo. Neste tipo de estudo exploram-se os comportamentos, as atitudes, as perspetivas e as experiências das pessoas estudadas: “é uma pesquisa interpretativa, com o investigador tipicamente envolvido em uma experiência sustentada e intensiva com os participantes” (p. 207).

Os *estudos quantitativos* são meios para testar teorias objetivas, examinando a relação entre as variáveis, implicam o recurso a técnicas estatísticas para apresentar numericamente as observações recolhidas e descrever e analisar o fenómeno estudado (Vilelas, 2009). Os investigadores “recolhem os fatos e estudam a relação entre eles. Realizam medições com a ajuda de técnicas científicas que conduzem a conclusões quantificadas” (J. Bell, 2002, p.20).

Os *estudos mistos* são uma abordagem que se vale dos pontos fortes dos estudos quantitativos e qualitativos, ou seja, envolvem as duas abordagens em conjunto: “o investigador coleta as duas formas de dados ao mesmo tempo e depois integra as informações na interpretação dos resultados gerais” (Creswell, 2010, p. 39). Conforme o mesmo autor, as estratégias de investigação dos métodos mistos revelam que, dependendo da questão de pesquisa, as propostas de estudo podem empregar métodos quantitativos e qualitativos, ora atribuindo mais peso a um do que a outro, ora iniciando-se com um e concluindo-se com o outro.

O Quadro 1 resume as características principais das investigações qualitativas, das investigações quantitativas e das investigações mistas.

Quadro 1

Principais características das investigações qualitativas, quantitativas e mistas, adaptado de Silva (2013)

Principais características das investigações qualitativas (Bogdan & Biklen, 1994)	Principais características das investigações quantitativas (Vilelas, 2009)	Principais características das investigações mistas (Creswell, 2010)
<ul style="list-style-type: none"> – A fonte direta de dados é o ambiente natural, tendo o investigador o papel principal; – São descritivas, tendo o significado uma importância vital; – O interesse centra-se mais no processo do que nos resultados ou produtos; – Os dados são tendencialmente analisados de forma indutiva. 	<ul style="list-style-type: none"> – Recolhem dados para comprovar teorias, hipóteses e modelos preconcebidos; – Caracterizam-se pela presença de medidas numéricas e de análises estatísticas para testar construções científicas e hipóteses; – Utilizam um método sistemático e lidam com informações objetivas. 	<ul style="list-style-type: none"> – Recolha de dados pode ser realizada sequencialmente, é indiferente quais vêm primeiro ou podem ser recolhidos concomitantemente; – A prioridade atribuída à pesquisa qualitativa ou quantitativa num determinado estudo poderá ter peso igual ou pode enfatizar um ou outro; – A combinação dos dados poderá ser integrando, conectando ou incorporando; – A perspectiva teórica que guia todo o projeto poderá ser explícita ou implícita.

Levando em consideração o que expomos acima, a nossa opção, ao longo desta investigação, foi a investigação de abordagem mista. Buscámos, de acordo com Creswell (2010), com essa opção um melhor entendimento do problema da pesquisa, com ênfase na abordagem qualitativa, porque supõe um contato direto e prolongado do investigador com o ambiente e a situação que está a ser estudada. Percebemos ser a abordagem mais indicada para obtermos dados que nos permitam responder à nossa questão de investigação e alcançar os objetivos que foram propostos.

Com efeito, a compreensão do fenómeno que constituiu o nosso objeto de estudo – a combinação de ferramentas tecnológicas para ensinar temas da Mecânica – requereu a compilação e a análise de opiniões de docentes, a compilação e a análise da evolução das aprendizagens dos discentes e, ainda, a participação da própria investigadora através das sessões de trabalho e da observação direta de aulas, onde uma abordagem

fenomenológica permitiu à investigadora incluir e em alguns momentos deixar de lado suas próprias experiências para entender aquelas dos participantes do estudo (Creswell, 2010). Segundo este mesmo autor a pesquisa fenomenológica “é uma estratégia de investigação em que o pesquisador identifica a essência das experiências humanas, com respeito a um fenómeno, descritas pelos participantes” (p. 38). Portanto, trata-se de uma abordagem mais enquadrada nos estudos qualitativos, pois ela trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, das atitudes, dos comportamentos e dos valores (Amado, 2013). As investigações qualitativas privilegiam, essencialmente, a compreensão dos problemas a partir da perspectiva dos sujeitos da investigação. O investigador deste tipo de abordagem “(...) observa, descreve, interpreta e aprecia o meio e os fenómenos tal como se apresentam, sem procurar controlá-los” (Fortin, 2003, p.22).

Entretanto, introduzindo algum controlo nas variáveis, com instrumentos aplicados em pré e pós-teste, alguns dados permitiram uma análise estatística, mais próxima dos estudos quantitativos, porque permitiram “traduzir em números as opiniões e as informações para, em seguida, poderem ser classificadas e analisadas” (Vilelas, 2009, p. 103). Segundo Fortin (2003, p.22) essa abordagem “é um processo sistemático de colheita de dados observáveis e quantificáveis. É baseado na observação de factos objetivos, de acontecimentos e de fenómenos que existem independentemente do investigador”. Esses dados encontram-se, particularmente, nas classificações, da componente da Física, que recolhemos relativas aos alunos das turmas experimentais e controlo na disciplina de Física e Química A, dos 10º e 11º anos de escolaridade, bem como a maior parte das respostas às questões que faziam parte dos questionários aplicados aos alunos.

4.2.2 Tipo de estudo quanto ao objetivo geral

Como já mencionámos na abertura deste capítulo, existem associados ao objeto de estudo questões e objetivos cuja resolução e concretização nos permitirão discutir a questão central desta investigação. Pretendemos questionar, descrever e documentar uma realidade, tentando sempre ampliar a nossa compreensão sobre uma problemática que, como já foi oportunamente discutido, assume particular relevância e pertinência.

Pretendemos, ainda, contribuir para a construção do novo conhecimento na disciplina de Física, em especial em temas da Mecânica e, despertar novas práticas em sala de aula. Assim, quanto ao objetivo geral que pretendemos concretizar, consideramos que o presente estudo está mais perto das características de um estudo de caso descritivo.

Os estudos de caso podem ser de natureza fenomenológica e mista, sendo estudos que “aditem uma grande multiplicidade de abordagens metodológicas” (Amado & Freire, 2013, p.122). Na perspectiva de Creswell (2010, p. 38) os estudos de caso “são uma estratégia de investigação em que o pesquisador explora profundamente um programa, um evento, uma atividade, um processo ou um ou mais indivíduos”.

Acrescentando, um estudo de caso pode incidir na observação detalhada de um contexto, de um indivíduo, de uma única fonte de documentos ou de um acontecimento específico (Bogdan & Biklen, 1994). Esses mesmos autores sublinham a importância do enfoque na análise dos processos em vez dos resultados.

Um estudo descritivo está interessado “em descobrir e observar fenômenos, procurando descrevê-los, classificá-los e interpretá-los” (Rudio, 2011, p.71). Segundo Vilelas (2009, p.122) neste tipo de estudo buscam-se respostas para determinadas perguntas de investigação, tentar obter parâmetros sobre o problema em estudo que permitam fazer uma “fotografia da situação” contribuindo para “ampliar a nossa compreensão do que é o mundo que nos rodeia”.

Portanto, este tipo de estudo tem por finalidade descrever as características de uma população, de um fenômeno ou de uma experiência, estabelece uma relação entre as variáveis no objeto de estudo analisado e não visa primordialmente o teste de hipóteses, mas tem a intenção de descrever os factos tal como se apresentam perante os olhos do investigador.

4.2.3 Tipo de estudo quanto aos procedimentos técnicos

Em relação aos procedimentos técnicos explicitamos aqui as decisões relativas ao estudo quasi-experimental. Esta abordagem justifica-se, pois não houve uma amostra aleatória e recorreu-se a grupos anteriormente constituídos, no caso, duas turmas das *Escolas A e B* (10º e 11º anos) das professoras participantes no estudo, com comparação

de dois grupos, sendo um deles sujeito a intervenção (tratamento) e outro funcionando como grupo de controlo.

Segundo Creswell (2010), num estudo quasi-experimental “o investigador usa grupos controlo e experimental, mas não designa aleatoriamente os participantes para os grupos” (p. 193). Para Campbell e Stanley (1963) os estudos quasi-experimentais constituem uma classe de natureza empírica a que faltam duas das características usuais nos estudos experimentais: um controlo completo e a seleção de grupos aleatórios.

As principais características de um estudo quasi-experimental são então:

- A seleção da amostra, ou grupo sobre o qual vai ocorrer o estudo não é aleatória;
- Trabalha-se com grupos de comparação;
- Implica a definição de controlos rigorosos;
- Há eliminação de variáveis;
- Não necessita de longos períodos de observação e coleta de dados;
- Permite trabalhar em simultâneo um número múltiplo de variáveis;
- Possibilidade de envolver diferentes métodos de investigação.

O tipo de desenho quasi-experimental adotado foi o desenho de grupo controlo não equivalente, porque permite ao investigador controlar os efeitos de variáveis intrínsecas e extrínsecas que possam ameaçar a validade interna dos resultados. Neste tipo de desenho a intervenção é realizada apenas nos indivíduos do grupo experimental, a avaliação de ambos os grupos em relação ao comportamento da variável dependente é feita antes e depois a introdução do tratamento desejado e a diferença observada entre os dois grupos determina a ligação entre as variáveis dependente e independente. O plano clássico da intervenção tem a seguinte forma (Fig. 9), adaptado de Rudio (2011, p. 79):

	1º momento da avaliação	Tratamento	2º momento da avaliação	Comparações (feitas por meio de técnicas estatísticas):
Grupo experimental (G. E.)	T ₁	X	T ₂	G. E. = T ₂ - T ₁ = R
Grupo controlo (G. C.)	T' ₁	----	T' ₂	G. C. = T' ₂ - T' ₁ = R'

Resultados possíveis:
R = R'
R < R'
R > R'

Figura 9 – Plano clássico da intervenção

Assim, seleccionámos em cada escola dois grupos, o experimental e o de controlo, sendo as mesmas professoras em cada grupo, de tal maneira que fossem equivalentes em relação às características relevantes para o nosso estudo, mantendo nos dois grupos as mesmas variáveis relevantes e tendo o cuidado para que não apareça num grupo uma variável que não se encontra no outro grupo (Rudio, 2011). Tivemos como variáveis relevantes para a nossa pesquisa:

- em relação aos alunos: aproveitamento escolar, *status* socioeconómico e nível de escolaridade.
- em relação às professoras: competência na disciplina de Física, experiência em sala de aula, capacidade de liderança e diálogo com os alunos, capacidade de envolvimento com o dispositivo estudado.
- em relação à sala de aula da intervenção: dispor de um QI, possibilidade de dispor de carteiras para todos os alunos, possibilidade de instalar recursos audiovisuais, sala com boa qualidade de projecção.

Em relação às variáveis em estudo, Tuckman (2000, p.122) define a variável independente como aquela que o investigador “irá manipular ou modificar, para provocar uma alteração numa outra variável”, e a variável dependente como “uma variável de resposta (...) o fator que é observado ou medido, para determinar o efeito da variável independente”. As variáveis que foram observadas e medidas nesta

investigação são as seguintes, considerando X o tratamento aplicado, ou seja, o dispositivo pedagógico elaborado, Y os alunos e Z as professoras:

- Aplicação do dispositivo X (variável independente);
- Atitudes das professoras Z_1 e dos alunos Y_1 (variável dependente);
- Motivação das professoras Z_2 e dos alunos Y_2 (variável dependente);
- Aproveitamento dos alunos Y_3 (variável dependente);
- Mudança da prática pedagógica das professoras Z_3 (variável dependente).

Os efeitos observados e medidos foram analisados sistematicamente a partir dos diferentes dados, provenientes de diversos instrumentos que apresentamos no ponto seguinte.

4.3 Instrumentos e procedimentos de recolha de dados

Uma vez elaborados os elementos teóricos e definido o tipo de estudo, escolheram-se as técnicas de recolha de dados para construir os instrumentos que nos permitissem obter os dados pretendidos. Este processo implicou uma tomada de decisão relativamente aos métodos que considerávamos serem os melhores para concretizar os objetivos traçados no início desta investigação.

A metodologia por nós escolhida – estudo de caso – permitiu certa liberdade de decisão relativamente aos aspetos específicos do contexto, dos indivíduos e das fontes de dados.

Tendo em conta os objetivos inicialmente desenhados, entendemos que deveríamos utilizar mais do que um método de recolha de dados para conseguirmos uma visão ampla do fenómeno e assegurarmos a validade interna da investigação. Recorremos ao método de triangulação de dados, que consiste em combinar diversos instrumentos de recolha de dados, fontes de dados e tipos de dados, de modo a poder verificar, comparar e apresentar como resultado final um retrato mais fidedigno da realidade. São eles:

- Entrevistas a docentes, que se apresentam no Anexo 1 da presente tese (os guiões das entrevistas fazem parte dos Anexos 1.1 e 1.2 e a grelha de análise de conteúdo das entrevistas constituem o Anexo 1.3);
- Questionários aplicados a alunos cujo modelo constitui o Anexo 2 desta tese (os modelos dos questionários aplicados antes da intervenção fazem parte do Anexo 2.1 e os modelos dos questionários aplicados após a intervenção constituem o Anexo 2.2);
- Dados documentais que constituem o Anexo 3 (as planificações a médio prazo de Física e Química A dos 10º e 11º anos encontram-se no Anexo 3.1 e 3.2 e as classificações dos alunos participantes neste estudo na componente de Física dos 10º e 11º anos fazem parte do Anexo 3.3);
- Fichas de observação de aulas que se apresentam no Anexo 4 da presente tese (o modelo da ficha de observação utilizado faz parte do Anexo 4.1 e as fichas de observação preenchidas durante as aulas observadas pela investigadora estão nos Anexos 4.2 e 4.3).

A estratégia será concomitante, pois esta, segundo Creswell (2010), permite realizar a recolha de dados quantitativos e qualitativos em simultâneo e integrar os resultados dos dois métodos durante a fase de interpretação.

A Figura. 10 ilustra um desenho aplicado ao plano de investigação, para o projeto de triangulação concomitante, proposto por Creswell.

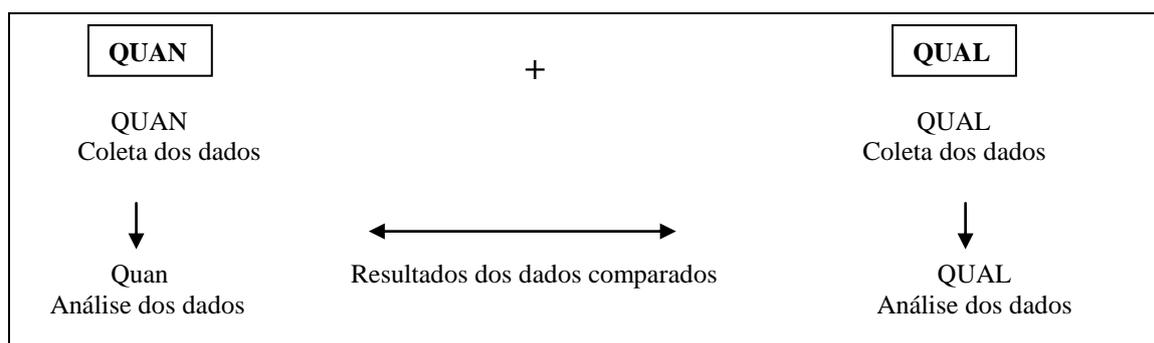


Figura 10 – Projeto de triangulação concomitante, adaptado de Creswell (2010).

Conforme já destacado anteriormente, num estudo de métodos mistos como mostra a Figura. 10 acima um método pode ter maior ênfase do que o outro. Os dados foram coletados concomitantemente e, durante a análise e interpretação dos dados, a

abordagem qualitativa foi a que mais se enfatizou, a que se justifica pelo contato direto da investigadora com o ambiente estudado.

Abaixo (Fig.11) resumimos, esquematicamente, a triangulação que realizámos no decorrer do presente estudo.

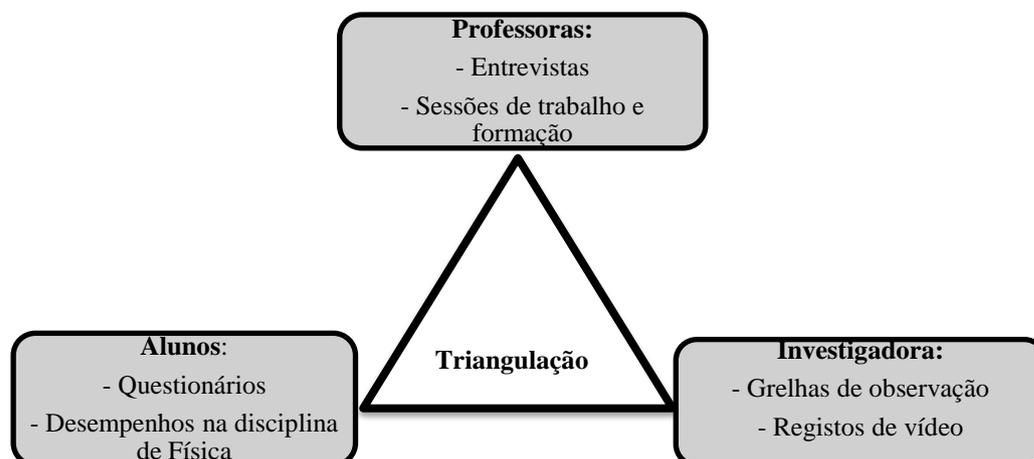


Figura 11 – Esquema da triangulação realizada no decorrer deste estudo

Os procedimentos de coleta de dados adotados neste estudo, que foram a entrevista, a grelha observação, o inquérito por questionário e o registo em vídeo, deram-se em momentos diferentes da recolha. Paralelamente, um grande e rico trabalho foi realizado com as professoras através de sessões de trabalho, onde discutíamos e refletíamos sobre a intervenção e, principalmente, sobre a construção/programação do simulador computacional, bem como de um trabalho na escola para testar e ajustar o QI e instalar o *software* do simulador. Mais à frente faremos mais referência a estas sessões.

Em seguida analisaremos alguns aspetos relacionados com os instrumentos que utilizámos neste estudo.

4.3.1 Entrevista

Neste estudo adotamos a entrevista, conduzida pela investigadora face a face com cada professora. Para J. Bell (2002, p.118) “a grande vantagem da entrevista é a

sua adaptabilidade”. Vilelas (2009) destaca que o benefício essencial da entrevista “reside no fato de serem os próprios atores sociais quem proporciona os dados relativos às suas condutas, opiniões, desejos, atitudes e expectativas, os quais pela sua natureza é quase impossível observar de fora” (p.279). Amado e Ferreira (2013) dizem que ela “é um dos mais poderosos meios para se chegar ao entendimento dos seres humanos e para obtenção de informações nos mais diversos campos” (p.207). Em concordância, Quivy e Campenhoudt (2008, p.191) apontam que “os métodos de entrevista distinguem-se pela aplicação dos processos fundamentais de comunicação e de interação humana” e Gil (2008, p.109) aponta que “a entrevista é uma técnica em que o investigador se apresenta frente ao sujeito investigado e lhe formula perguntas, com o objetivo de obtenção dos dados que interessam à investigação”.

Podemos considerar uma entrevista como uma conversa, mas, porém, com uma diferença, que na entrevista uma das pessoas envolvidas, o entrevistador, possui um objetivo, que é declarado, de recolher informações sobre a outra pessoa – o entrevistado.

Segundo Quivy e Campenhoudt (2008, p.192) a entrevista é uma verdadeira troca durante o qual:

o interlocutor do investigador exprime as suas percepções de um acontecimento ou de uma situação, as suas interpretações ou as suas experiências, ao passo que, através das suas perguntas abertas e das suas reações, o investigador facilita essa expressão, evita que ela se afaste dos objetivos da investigação e permite que o interlocutor aceda a um grau máximo de autenticidade e de profundidade.

J. Bell (2002) salienta algumas desvantagens da entrevista, nomeadamente em relação à subjetividade das respostas do entrevistado e em relação à parcialidade que o investigador poderá ter na análise das respostas.

Existem diversas formas de realizar uma entrevista (e.g. face a face, pelo telefone, pelo *e-mail*, grupo focal, grupo focal *on-line*) e também se distinguem diferentes tipos: não estruturadas, estruturadas e semiestruturadas, segundo Bogdan e Biklen (1994).

Adotamos neste estudo a entrevista semiestruturada, pois segundo Amado e Ferreira (2013, p. 209) “(...) permite ao entrevistado discorrer sobre o tema proposto ‘respeitando os seus quadros de referência’, salientando o que for para ele relevante,

com as palavras e a ordem que mais lhe convier, e possibilitando a captação imediata e corrente das informações desejadas”. Um dos seus pontos fortes é a flexibilidade: o pesquisador estabelece uma direção geral para a conversação e persegue tópicos específicos levantados pelo respondente e idealmente o respondente assume a maior parte de uma conversação.

A entrevista semiestruturada, também chamada semidiretiva, não é totalmente aberta e nem conduzida por um grande número de perguntas precisas. Neste tipo de entrevista, o investigador tem um guião de entrevista, ou seja, uma lista de perguntas ou tópicos a ser cobertos durante a entrevista que permite uma relativa flexibilidade, pois as questões podem não seguir a ordem exata prevista no guião e, também, poderão ser colocadas questões que não se encontram nele no decorrer da entrevista. De acordo com Quivy e Campenhoudt (2008, p.193) na entrevista semiestruturada:

O investigador esforçar-se-á simplesmente por reencaminhar a entrevista para os objetivos cada vez que o entrevistado deles se afastar e por colocar as perguntas às quais o entrevistado não chega por si próprio no momento mais apropriado e de forma tão natural quanto possível.

Entre as principais vantagens da entrevista semiestruturada (Bogdan & Biklen 1994; Quivy & Campenhoudt, 2008; Amado & Ferreira, 2013), nomeadamente:

- A possibilidade de acesso a uma grande riqueza de dados (contextualizados e através das palavras dos entrevistados e das suas perspetivas);
- A possibilidade de o investigador esclarecer alguns aspetos no seguimento da entrevista;
- É geradora, na fase inicial de qualquer estudo, de pontos de vista, orientações e hipóteses para o aprofundamento da investigação bem como a definição de novas estratégias e a seleção de outros instrumentos.

A preparação da entrevista é uma das fases mais importantes da pesquisa, que exige tempo e alguns cuidados a tomar, dentre eles: o planeamento da pesquisa, que deve ter em conta o objetivo a concretizar; a escolha do entrevistado, que deve ser alguém que tenha familiaridade com o tema pesquisado; a disponibilidade do entrevistado em dar a entrevista; as condições favoráveis que possam garantir ao

entrevistado a confiabilidade das informações transmitidas e o segredo de sua identidade, a preparação específica que consiste em organizar o guião com as questões importantes (Lakatos & Marconi, 2003).

No modelo de entrevista elaborado e aplicado no contexto do presente estudo (Anexo 1.1), levámos em consideração várias recomendações presentes na bibliografia consultada. Assim, no que concerne à planificação, começámos por explicitar os objetivos que almejávamos alcançar através da coleta de dados, a saber:

- Legitimar a entrevista, explicar a situação, criar um ambiente propício e motivar o entrevistado;
- Caracterizar a escola onde se recolheram os dados empíricos da presente investigação e recolher dados dos alunos das turmas envolvidas;
- Recolher dados acerca do percurso profissional do docente entrevistado;
- Obter dados acerca das principais pré-concepções identificadas pelo docente entrevistado nas turmas participantes;
- Conhecer como é a prática pedagógica do docente entrevistado;
- Recolher dados sobre as experiências do docente entrevistado com o QI;
- Averiguar o posicionamento do docente entrevistado face ao uso de simuladores computacionais no ensino da Física;
- Conhecer o conceito de “dispositivo pedagógico”, segundo o docente entrevistado;
- Captar o sentido que o docente entrevistado dá à situação da investigação.

Em relação à escolha dos entrevistados, segundo Vilelas (2009): “(...) deve-se adequar aos objetivos da pesquisa” (p.285), tendo já estabelecido, no início desta investigação, o nível secundário e turmas de 10º e 11º anos de escolaridade da disciplina de Física e Química A para recolha dos dados. O próximo passo foi escolher as escolas e os docentes que participariam do estudo. Optámos por recolher dados em duas escolas diferentes. Após ter sido informada por um dos orientadores deste trabalho sobre o conhecimento que tinha de duas professoras de diferentes escolas, a investigadora entrou em contato com as mesmas docentes.

Num primeiro momento, conseguimos contactar apenas uma das professoras e iniciar o trabalho com a mesma. Marcámos uma reunião para que expuséssemos os objetivos do estudo bem como os dados que precisaríamos recolher e o plano de estudos. Foi neste encontro que a professora da escola *A*¹⁵ aceitou fazer parte desta investigação. Mais tarde, contactou-se então com a professora da escola *B* que também se mostrou disponível em participar. A partir deste momento iniciaram-se as sessões de trabalho com ambas as professoras envolvidas.

De seguida, voltando novamente para o objeto de estudo, e seguindo as recomendações de J. Bell (2002), seleccionámos os tópicos considerados como tendo interesse para o estudo e elaborámos as questões, estas baseadas nas recomendações de Amado e Ferreira (2013, p.217): “a ‘resposta’ depende das condições da interrogação, isto é, natureza, ordem, contexto, reformulação e clareza”. Desta forma, foram elaboradas pensando numa linguagem compreensível para todos os entrevistados e que levasse em conta o envolvimento deles de uma forma motivada e empenhada, nomeadamente combinando-se perguntas abertas com fechadas, onde o informante tivesse a possibilidade de discorrer sobre o tema proposto, evitando perguntas confusas às questões e perguntas que sugerissem a resposta.

As informações coletadas na entrevista podem ser registadas por meio de “anotações escritas à mão, gravando-as em áudio ou em vídeo” (Creswell, 2010, p. 216). Neste estudo optámos por realizar os registos da entrevista fazendo gravações em áudio, pois estávamos preocupada em fazer o registo de todas as informações possíveis, sem esquecer nada, seguindo as recomendações de Bogdan e Biklen (1994) em relação ao uso de um gravador. Realizámos também algumas anotações em papel, pois, Creswell (2010) recomenda, mesmo que a entrevista seja gravada, quer por áudio quer por vídeo, que se “façam anotações em caso do equipamento de gravação falhar” (p. 216). Por outro lado, para J. Bell (2002) as gravações das entrevistas podem ser úteis “para verificar as palavras de uma afirmação que se pretenda citar e para verificar a exatidão das anotações” (p. 124). Informámos as docentes entrevistadas sobre o uso deste recurso audiovisual e solicitámos-lhes a respetiva autorização.

¹⁵ Para preservar a identidade dos docentes e das escolas envolvidas neste presente estudo, usaremos o anonimato das respostas para isso os nomes serão substituídos por símbolos, neste caso letras, ou seja, o direito ao anonimato e à confidencialidade, proposto por Fortin (2003) devem ser preservado.

4.3.2 Questionários

Uma das formas de se recolherem dados é através da realização de um inquérito, que é um processo de recolha de informações sobre uma população, consistindo em questionar oralmente ou por escrito determinados sujeitos. J. Bell (2002) considera que o objetivo de um inquérito é “obter informação que possa ser analisada, extrair modelos de análise e tecer comparações” (p.25). Um inquérito pode ser realizado através de entrevista ou questionário.

Para Vilelas (2009) a intenção de um questionário é “obter de maneira sistemática e ordenada a informação acerca da população que se estuda, das variáveis que são objeto de estudo” (p.288). Gil (1999) define o questionário “como a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas” (p.128) e na visão de Quivy e Campenhoudt (2008, p.188) um inquérito por questionário:

Consiste em colocar a um conjunto de inquiridos, geralmente representativo de uma população, uma série de perguntas relativas à sua situação social, profissional ou familiar, às suas opiniões, à sua atitude em relação a opções ou a questões humanas e sociais, às suas expectativas, ao seu nível de conhecimento ou de consciência de um acontecimento ou de um problema, ou ainda sobre qualquer outro ponto de que interesse os investigadores.

Um questionário é pois um instrumento de investigação que utiliza processos de recolha sistemática de dados, com a finalidade de dar respostas a um problema e consolidar os seguintes objetivos:

- O conhecimento de uma população enquanto tal: as suas condições e modos de vida, os seus comportamentos, os seus valores ou as suas opiniões;
- A análise de um fenómeno social que se julga poder apreender melhor a partir de informações relativas aos indivíduos da população em questão (...);
- De uma maneira geral, os casos em que é necessário interrogar um grande número de pessoas e em que se levanta um problema de representatividade. (Quivy & Campenhoudt, 2008, p.189)

Como principais vantagens dos questionários podemos citar: “a possibilidade de aplicação a qualquer tipo de população” (Vilelas, 2009, p. 288); “a possibilidade de

quantificar uma multiplicidade de dados e de proceder, por conseguinte, a numerosas análises” (Quivy & Campenhoudt, 2008, p. 189); “uma forma rápida e relativamente barata de recolher informações” (J. Bell, 2002, p. 100); “garante o anonimato das respostas; permite que as pessoas respondam no momento em que julgarem mais conveniente; não expõe os pesquisadores à influência das opiniões e do aspeto pessoal do entrevistado” (Gil, 1999, pp.128-129)

A utilização deste instrumento de recolha de informações pressupõe um trabalho dividido em cinco fases, nomeadamente:

- 1º. Planificação do instrumento;
- 2º. Formulação das questões;
- 3º. Execução;
- 4º. Tratamento das informações;
- 5º. Apresentação dos resultados.

Na primeira fase, o pesquisador deverá fazer as escolhas e delimitar os objetivos do questionário tendo em vista os problemas que deseja investigar. Nesta fase deve especificar as variáveis a medir, escolher o tipo das questões que irá utilizar, escolher o formato de questionário, quantas folhas e quantas perguntas terá o questionário e decidir o tipo de respostas.

Relativamente ao tipo das questões, elas podem ser do tipo aberto ou fechado (Vilelas, 2009). Questões abertas possibilitam ao inquirido discorrer sobre o assunto abordado, dando liberdade ilimitada de respostas, permitindo a liberdade de expressão, a resposta recebida pode ser “uma palavra, uma frase ou um comentário mais longo” (J. Bell, 2002, p.100). Tem como vantagens, segundo Vilelas (2009):

- Dar mais informações;
- Dar mais pormenores;
- Dar informações inesperadas;
- Maior liberdade de resposta;
- Menor influência do inquiridor.

Como principal desvantagem das questões abertas, é o facto de muitas vezes terem respostas longas, levando o pesquisador muito tempo para as categorizar, analisar e interpretar.

As questões fechadas são perguntas de estrutura mais complexa, onde o inquirido só pode escolher entre um número limitado de respostas possíveis. Neste tipo de questão o pesquisador não tem tantos problemas em analisar as respostas. Segundo Vilelas (2009), as vantagens do uso de questões fechadas são:

- Facilidade de análises estatísticas das respostas;
- Direciona o pensamento;
- Facilita a resposta.

Como este tipo de questão limita a resposta, a principal desvantagem do seu uso é que o inquirido pode optar por uma resposta que se aproxima mais da sua opinião mas que não represente fielmente o seu pensamento.

A nossa opção, por entendermos que facilitaria a análise das informações recolhidas, foi escolher o questionário de questões fechadas, mas ao qual se juntam também questões abertas, pois os alunos teriam mais liberdade na resposta, possibilitando-lhes escrever mais sobre o assunto. Esta seria a melhor maneira de analisarmos a evolução das pré-concepções dos alunos e se houve ou não mudança concetual, tornando mais clara a informação obtida. Diante disso, após a escolha de juntar os dois tipos de questões, o formato do questionário adotado foi o questionário misto, que permite a combinação de questões abertas e fechadas.

Para as questões abertas escolhemos o tipo de resposta não estruturada, pois permite ao investigado transcrever tudo o que achar pertinente. Para Tuckman (2010) as informações obtidas numa resposta não estruturada “permitem que o sujeito dê a sua própria resposta” e a informação pode incluir uma série de “argumentos, fatos, considerações, etc.” (p.311). Nas questões fechadas optámos por escolher dois tipos de respostas: respostas por escala, que consistem em os sujeitos exprimirem a sua “aprovação ou rejeição relativamente a uma afirmação-atitude, ou descrevem alguns aspetos sobre si” (p.313) e respostas por listagem. Neste tipo de resposta “o sujeito responde, selecionando uma das escolhas possíveis apresentadas” (p.318).

A segunda fase, formulação das questões, é a fase da elaboração, onde o pesquisador deve ter muito cuidado, “evitando perguntas demasiado gerais, confusas ou de duplo sentido” (Vilelas, 2009, p.292). E Gil (1999, p.132) destaca os seguintes pontos a se considerar na elaboração das perguntas:

- As perguntas devem ser formuladas de maneira clara, concreta e precisa;
- Deve-se levar em consideração o sistema de preferência do interrogado, bem como o seu nível de informação;
- A pergunta deve possibilitar uma única interpretação;
- A pergunta não deve sugerir respostas;
- As perguntas devem referir-se a uma única ideia de cada vez. (p. 132)

J. Bell (2002) salienta ainda que se deve evitar questões hipotéticas, questões ofensivas ou questões que abordem assuntos delicados e ter cuidado para questões duplas.

O número de folhas deve ser reduzido ao mínimo e a disposição gráfica deve ser bastante clara. Após a elaboração das questões, o questionário deve passar por uma revisão gráfica (Vilelas, 2009), evitando assim os possíveis erros ortográficos e sintáticos.

Após todas as recomendações consultadas na presente literatura, elaborámos o questionário desta investigação levando em consideração todas as indicações possíveis. O questionário encontra-se disponível no Anexo 2 deste trabalho. Foram dois questionários aplicados aos alunos, um antes da intervenção pedagógica e outro após. No primeiro questionário buscámos recolher informações sobre os alunos, a escola, e a disciplina de Física e Química A e, também, identificar pré-concepções existentes nos temas abordados. No segundo questionário procurámos recolher informações sobre as opiniões dos alunos acerca do dispositivo pedagógico utilizado e da intervenção pedagógica, bem como, avaliar as implicações do uso do dispositivo nas atitudes e aprendizagens dos alunos.

Antes da execução do questionário, é recomendado que se faça um questionário piloto para evidenciar possíveis falhas (Gil, 1999), se for detetado que há falhas deve ser reelaborado. Durante a aplicação do questionário, o pesquisador não poderá interferir nas respostas dos sujeitos, deve deixá-los à vontade para que respondam levando o

tempo que for preciso. O ensaio piloto do questionário foi realizado no estudo piloto deste presente trabalho, com uma turma de 22 alunos no ano letivo de 2015/2016.

A quarta fase, o tratamento das informações recolhidas pode ser feito quer por via manual quer por via informática (Vilelas, 2009). No presente estudo, utilizámos as duas vias, manual para as questões abertas e a via informática para as questões fechadas. O tratamento das informações também consistiu na codificação das respostas, que foram separadas por categorias, que foram fundamentais para o apuramento e tratamento das informações e para a elaboração das conclusões a que o questionário nos conduziu.

A última fase, a apresentação dos resultados, foi realizada através de redação da presente tese.

4.3.3 Observação

A observação é uma técnica de recolha de dados para obter informações, que não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar factos e fenómenos que se desejam descobrir e estudar. Segundo Lakatos e Marconi (2003, p.191), “ajuda o pesquisador a identificar e a obter provas a respeito de objetivos sobre os quais os indivíduos não têm consciência, mas que orientam seu comportamento”. As observações qualitativas conforme aponta Creswell (2010, p.214), são aquelas em que “o pesquisador faz anotações de campo sobre o comportamento e as atividades dos indivíduos no local de pesquisa”. Para Vilelas (2009, p.268) “a observação é o uso dos sentidos com vista a adquirir os conhecimentos adequados e necessários para o quotidiano” e para Rudio (2011, p.39) a observação deve ser considerada “como ponto de partida para todo estudo científico e meio para verificar e validar os conhecimentos adquiridos”.

Segundo Vilelas (2009, p.270) a observação permite ao investigador:

- Explorar os aspetos que não são necessariamente recolhidos por outras técnicas, como o contexto físico e social, as características das pessoas, a dinâmica de grupo e a vida quotidiana;
- Formular perguntas ou dúvidas, que podem ser abordadas através de outras técnicas para serem aprofundadas;

- Examinar temas ou problemas de que pouco se fala ou difíceis de serem expressos verbalmente.

Entretanto, a técnica de observação não deve ser a única técnica de recolha de dados, os seus resultados devem ser complementados com dados obtidos por meio de outras técnicas (Vilelas, 2009). Foi por este motivo que optámos pelo método de triangulação dos dados, já mencionado anteriormente, combinando a entrevista, a observação, o questionário e os registos em vídeo com o objetivo de aumentar a consistência dos dados recolhidos e das respetivas análises e interpretações.

Neste tipo de técnica o observador/investigador não questiona e não se comunica com os observados, apenas observa e regista as informações no momento em que ocorrem.

As modalidades de observação variam de acordo com as circunstâncias, como aponta Lakatos e Marconi (2003, p.192) baseando-se nos estudos de Ander-Egg em 1978:

- a) Segundo os meios utilizados: observação não estruturada (assistemática) e observação estruturada (sistemática).
- b) Segundo a participação do observador: observação não participante e observação participante.
- c) Segundo o número de observações: observação individual e observação em equipa.
- d) Segundo o lugar onde se realiza: observação efetuada na vida real (trabalho de campo) e observação efetuada em laboratório.

No contexto do presente estudo adotámos as modalidades: observação não estruturada (segundo os meios utilizados), observação participante (segundo a participação do observador), observação individual (segundo o número de observações) e observação efetuada na vida real (segundo o lugar onde se realiza).

A observação não estruturada permite a recolha de informações sem planeamento e não apresenta uma verdadeira estrutura a seguir: o observador regista os factos ou fenómenos à medida que vão ocorrendo e conforme os objetivos da observação. Consiste em recolher e registar os factos da realidade sem que o pesquisador utilize meios técnicos especiais ou precise fazer perguntas diretas. Segundo

Rudio (2011, p.42), “caracteriza a observação assistemática o fato de o conhecimento ser obtido através de uma experiência casual, sem que se tenha determinado de antemão quais os aspetos relevantes a serem observados e que meios utilizar para observá-los”. Tendo conta disso, utilizámos uma grelha de observação previamente definida, relativamente descritiva e adaptada de Estrela (1984), que consta do Anexo 4.1 da presente tese. Esta grelha permitiu registar, com um grau de abertura bastante elevado, os factos, os acontecimentos, as inferências, as interações e os comportamentos vivenciados nos momentos em que realizámos as observações. A observação foi também direta permitindo “observar diretamente suas palavras, gestos e ações” (Rudio, 2011, p.40).

A observação participante permite que o observador se insira no local em que está a ocorrer à observação, vivenciando pessoalmente os fenómenos e os acontecimentos em observação. Este tipo de observação tem como principais vantagens, na visão de Vilelas (2009, p.275): “o rápido acesso aos dados acerca das situações habituais de vida dos participantes; o acesso aos dados que são considerados privados; o fato de permitir captar as palavras de esclarecimento que acompanham o comportamento dos observados”. Na observação realizada no contexto deste estudo limitámo-nos a observar e registar as informações relativas ao nosso objeto de estudo.

Segundo Lakatos e Marconi (2003, p.194), a observação individual é a técnica de observação realizada por um pesquisador, que “pode intensificar a objetividade de suas informações, indicando, ao anotar os dados, quais são os eventos reais e quais são as interpretações”. Mesmo sabendo que neste tipo de observação não poderíamos confrontar as informações recolhidas, resolvemos mantê-la, pois acreditamos que estavam muito bem definidos os objetivos da observação.

A observação realizada na vida real é feita no próprio ambiente observado, em concordância com Lakatos e Marconi (2003, p.195): “a melhor ocasião para o registo é o local onde o evento ocorre”, reduzindo assim, tendências seletivas. Portanto, o investigador, neste tipo de observação, deve tornar-se parte do universo do observado para perceber melhor o comportamento e a cultura do grupo que está a estudar.

As observações foram realizadas em dois momentos: antes da intervenção e durante a intervenção. Todos os registos das informações recolhidas nas observações encontram-se no Anexo 4.2 da presente tese.

4.3.4 Dados documentais

Para Quivy e Campenhoudt (2008) os dados documentais são recolhidos pelo investigador com duas finalidades: ou pretende estudá-los por si próprios ou pretende encontrar neles informações favoráveis para estudar outro objeto. Os mesmos autores consideram existir dois tipos de dados documentais: os dados estatísticos e os dados de documentos de forma textual que são provenientes de instituições e de organismos públicos e privados.

Para os autores acima as principais vantagens de usar dados documentais são a economia de tempo e de dinheiro, e o evitar do recurso abusivo às sondagens e aos inquéritos por questionário e a valorização de um importante material documental.

Do outro lado, apontam as desvantagens do uso: nem sempre é possível ter acesso aos documentos; problemas com a credibilidade e de adequação dos dados e, visto que os dados não foram coletados pelo próprio investigador, é necessário fazer manipulações que são sempre delicadas, pois não se podem alterar as características de credibilidade.

Segundo J. Bell (2002, p.93) as pesquisas documentais são feitas da mesma forma que se faz uma pesquisa bibliográfica, verificando se o “projeto que pretende realizar é ou não viável, e informar-se melhor sobre o contexto”. A autora também refere a questão da quantidade de material documental. Tendo em conta “o tempo que dispõe para esta etapa da sua investigação”, deve-se decidir o quer seleccionar e fazer uma seleção controlada.

Com base nestas indicações, optámos por escolher para o presente estudo os seguintes dados documentais para analisar, que se encontram no Anexo 3 desta tese:

- Planificações e documentos relativos aos conteúdos lecionados, aos objetivos e/ou as competências, na disciplina de Física e Química A do 10º e 11º anos de escolaridade, das escolas envolvidas nesta investigação;
- Pautas com as classificações dos alunos na disciplina de Física das turmas envolvidas nesta investigação;

Todos os documentos foram solicitados às professoras participantes deste estudo e garantiu-se o anonimato dos alunos. Relativamente às pautas, foram disponibilizados os dados referentes ao período em que foi realizada a intervenção na turma, antes e após a intervenção. O documento da caracterização das turmas é realizado pelos professores diretores de cada turma, que fazem um levantamento do perfil socioeconómico e cultural da turma, fornecendo dados estatísticos como resultado.

4.3.5 Dados audiovisuais: registos em vídeo

Segundo Creswell (2010, p.214) os materiais audiovisuais podem ser na forma de “fotografias, objetos de arte, *videotapes* ou quaisquer formas de som”.

O vídeo é um instrumento de coleta e geração de dados qualitativos e constitui-se como um método de observação indireta de recolha de dados.

A opção de adicionar aos instrumentos de coleta de dados um material audiovisual deveu-se às limitações de observação, pois havendo apenas um observador para recolher dados de uma classe inteira as informações recolhidas poderiam ser limitadas. Assim, optou-se por utilizar, no presente estudo, registos em vídeo. Em concordância, os registos em vídeo são indicados para estudos de ações humanas complexas e difíceis de serem integralmente captadas e descritas por um único observador (Loizos, 2002). Latvala, Vuokila-Oikonen e Janhonen (2000), destacam que a gravação de vídeo oferece ao observador descrições mais ricas, detalhadas e precisas de comportamentos e processo, sendo uma excelente fonte de dados.

A vantagem do uso deste tipo de instrumento, na visão de Pinheiro, Kakehashi, e Angelo (2005), é que minimiza a questão de seletividade do pesquisador “uma vez que a possibilidade de rever várias vezes as imagens gravadas direciona a atenção do observador para aspetos que teriam passado despercebidos, podendo imprimir maior credibilidade ao estudo” (p.718).

Latvala *et al.* (2000) acrescentam que o vídeo também pode auxiliar o pesquisador a desprender-se de valores, sentimentos, atitudes que podem conferir tons subjetivos ao seu olhar, influenciando as notas de campo realizadas ao longo da observação participante. Para os autores, os dados registados por vídeo consistem em

informações verbais e não-verbais, de tal forma que o pesquisador é capaz de observar mais interações.

Como desvantagem, os autores acima apontam “as limitações mecânicas e as influências que os vídeos podem ter sobre o comportamento das pessoas” (p. 1254). A primeira está relacionada com as limitações que o investigador tem se não souber usar adequadamente a câmara de vídeo e a segunda tem a ver com a influência que uma câmara de vídeo pode ter no comportamento dos observados, causando-lhes desconforto. Os autores recomendam que o operador/observador e a câmara devem estar no local a ser filmado pelo menos 10 minutos antes do início da gravação, para minimizar a influência destes no comportamento dos indivíduos.

No presente estudo, utilizámos a câmara fixa pela possibilidade de deixar o equipamento operando por um período de tempo mais longo. Instalámos duas câmaras fixas no fundo da sala de aula que captaram o som e a imagem da turma observada, ou seja, comportamentos verbais e não-verbais. Elas foram instaladas antes de os alunos chegarem à sala de aula e a gravação iniciou-se conforme as indicações dos autores acima 10 minutos depois. A presença da investigadora no dia da filmagem na sala não os perturbou uma vez que em dois momentos anteriores já havia participado da aula para recolha de dados.

Para Pinheiro *et al.* (2005), o observador deve ter consciência que nem todos os dados recolhidos no registo por vídeo serão utilizados, pelo grande volume de informações que este tipo de instrumento de recolha possibilita sendo que, “nesse caso poderá realizar a edição das imagens obtidas, selecionando-as, seguindo critérios previamente estabelecidos com base na natureza do fenómeno e referencial teórico” (p.720). Com base nisso neste estudo foram usados apenas os fenómenos que interessavam a ser analisados.

Os resultados dos registos em vídeo são apresentados nesta tese de tal forma que nenhum dos participantes deste estudo fosse reconhecido. A proteção do anonimato e a confidencialidade dos dados, indicadas por Fortin (2003), também foram preservadas, ficando todos os dados recolhidos sob a responsabilidade da investigadora, para além de terem sido solicitadas as autorizações aos encarregados de educação para a realização dos registos.

4.4 Contexto e participantes

Nesta seção apresentamos uma caracterização geral dos locais e dos sujeitos que participaram no presente estudo:

- escolas onde se recolheram os dados empíricos;
- docentes envolvidos em todo o processo de trabalho de campo;
- alunos envolvidos na recolha dos dados.

4.4.1 Caracterização das escolas

Foram duas as escolas que participaram neste estudo que, ficticiamente, foram nomeadas por “*Escola A*” e “*Escola B*”. As informações referentes às escolas basearam-se nos projetos educativos de 2013/2016 em vigor no ano letivo de 2016/2017. O meio em que as escolas se inserem é predominantemente urbano e situa-se na região centro de Portugal. A cidade a que as escolas pertencem tem mais de 102.000 habitantes, sendo a maior cidade da região centro, é servida por uma boa rede rodoviária e ferroviária, e o desenvolvimento económico assenta no comércio, turismo e indústria aplicada principalmente à saúde.

Caracterização da *Escola A*

A *Escola A* é uma escola secundária e também com o 3º ciclo, pública, que foi criada em 1836, com uma experiência educativa de 181 anos, primeiramente nomeada como Liceu, estando ela entre os três primeiros Liceus de Portugal. Em 1979, o Liceu passa a Escola Secundária, herdeira, então, de dois antigos Liceus por onde passaram milhares de alunos e de professores.

O edifício em que se encontra atualmente a escola foi construído em 1936, foi projetado segundo as modernas conceções europeias do espaço liceal, que obedecia a normas rigorosas de higiene escolar (materiais utilizados, luminosidade, capacidade dos diversos espaços, etc.) e correspondia às exigências de um plano pedagógico que contemplava as áreas das Humanidades, das Ciências, das Artes Oficiais e da

Educação Física. O edifício é constituído por três blocos interligados numa configuração em “U”, distribuídos por 3 pisos.

No Bloco principal, o primeiro piso é essencialmente destinado aos serviços de Direção, serviços administrativos, demais serviços e salas de apoio técnico-pedagógico e ainda 3 salas de aula. No segundo e terceiro piso, funcionam 24 salas de aula, laboratórios específicos das ciências experimentais e informática, salas específicas de algumas áreas disciplinares, biblioteca, o anfiteatro e várias instalações sanitárias, algumas delas adaptadas a deficientes motores. Todas as salas estão equipadas com computador e projetor, e 8 salas com QI. Destes apenas 3 estão em funcionamento, nas salas de desenho, laboratório multimédia e laboratório de matemática. Outro Bloco, anexo ao edifício principal, serve como sala de trabalho de diferentes grupos disciplinares. No átrio ao ar livre adjacente aos 3 blocos, funciona o bar dos alunos, que ocupa instalações provisórias há mais de 30 anos. O terceiro Bloco é essencialmente destinado a atividades de Educação Física (um pavilhão, dois ginásios bem apetrechados, balneários, instalações diversas) aí se situando, também, o auditório com capacidade de 350 lugares, as instalações da cozinha e do refeitório, 3 salas de aulas normais, uma sala de trabalhos oficinais, e várias salas de apoio e arrecadação. Há ainda espaços externos com instalações adequadas à prática de vários desportos. A escola não foi contemplada com a remodelação, no âmbito do *Programa de Modernização do Parque Escolar*, carecendo urgentemente de melhorias na sua infraestrutura.

A *Escola A* ministra 3º Ciclo, Cursos Científico-Humanísticos Cursos Profissionais. Tem como visão ser reconhecida como uma escola de Qualidade e Excelência quer na preparação técnico-científica, quer no desenvolvimento de competências transversais dos seus alunos. Através da sua organização, de parcerias e de protocolos, procura conferir-lhes competências superiores para o prosseguimento de estudos e para a vida em sociedade, contribuindo para a formação de cidadãos críticos e conscientes, capazes de atuar como agentes de mudança.

No que concerne à comunidade educativa, existem cerca de 1010 alunos, sendo maioritariamente provenientes do meio social médio alto, condição que permite a muitos alunos o acesso a atividades extraescolares fora da escola. Frequentam a escola vários alunos estrangeiros, 4% do total de alunos, e 88% dos alunos não beneficiam de Apoio Social Escolar. Cerca de 70% dos alunos residem em locais próximos à escola e

os demais na periferia e concelhos próximos. A escolaridade dos encarregados de educação dos alunos da escola é predominantemente a habilitação do ensino secundário e quase 40% tem a habilitação de grau superior.

Exercem a sua atividade na escola 98 professores, dos quais 92% pertencem ao quadro. A responsabilidade que os professores (um quadro relativamente estável nos últimos anos) revelam na sua prática docente contribui para o sucesso educacional dos alunos. O pessoal não docente é composto por 9 assistentes técnicos que têm na maior parte 15 ou mais anos de serviço na escola, 19 assistentes operacionais, uma psicóloga e uma profissional de educação especial. Todos os funcionários têm pelo menos 4 anos de serviço nesta escola.

A sala de aula onde decorreu o estudo localizava-se no Bloco principal, no 3º piso, sala D1. Esta sala é ocupada pelas disciplinas de Desenho e Artes Visuais, nomeadamente em vez de secretárias possui bancada individual para os alunos. É uma sala grande tendo capacidade para 30 alunos, é arejada e bastante iluminada, possui um computador na secretária do professor, um QI, um videoprojector fixo no QI e um quadro de giz. Ou seja, correspondia a um espaço que possuía excelentes condições para o nosso trabalho.

Caracterização da *Escola B*

A *Escola B* é uma escola secundária de ensino público e foi criada em 1884, com uma experiência educativa de 133 anos. Ministra Cursos Científicos-Humanísticos e Cursos Profissionais em diferentes áreas e desenvolve, há mais de vinte anos, a dimensão europeia na educação e formação, proporcionando a alunos e professores estágios e intercâmbios internacionais, no âmbito de vários programas europeus. Goza de grande prestígio na comunidade, fruto de serviços prestados ao longo do tempo, em correspondência com as aspirações de formação dos jovens e as necessidades do tecido social e produtivo. As instalações foram remodeladas, no âmbito do *Programa de Modernização do Parque Escolar*, apresenta excelentes condições de trabalho, destacando-se a biblioteca (integrada na Rede de Bibliotecas Escolares), os espaços laboratoriais e oficinas, a sala de trabalho para professores, o auditório e os recintos

desportivos. Contudo, existem salas de aula normais cuja área é limitada face ao elevado número de alunos que algumas turmas comportam.

Atualmente, a estrutura física desta escola engloba cinco edifícios e um grande espaço aberto. No edifício A, encontram-se salas de aula, um espaço memória e a antiga biblioteca. No Edifício B, funcionam as oficinas, algumas salas de aulas específicas e laboratórios. No Edifício C localiza-se o *hall* de entrada, a biblioteca/mediateca, o auditório, refeitório, bar, sala de convívio, sendo também destinado aos serviços de Direção e serviços administrativos, serviços de psicologia, a papelaria e reprografia e demais serviços. No Edifício D, está a sala de professores e gabinetes de trabalho dos grupos disciplinares. O Edifício E é destinado às práticas de Educação Física, tendo o ginásio, o parque desportivo coberto, os balneários, o gabinete médico e a central térmica. Nos espaços exteriores descobertos, estão os campos desportivos, as áreas ajardinadas e o anfiteatro ao ar livre. Na escola há 29 QIs em salas de aulas específicas, havendo apenas 10 em funcionamento.

A constituição das turmas obedece sempre à necessidade do número mínimo de 26 alunos, podendo ir até 30 (em casos excecionais). Podem ser constituídas turmas com um número mínimo de 20 alunos, quando tenham 1 ou 2 alunos com necessidades educativas especiais.

No que concerne à comunidade educativa, existem cerca de 1520 alunos oriundos, não apenas da localidade onde a escola se situa, mas também de freguesias e concelhos limítrofes, sendo estes a grande maioria. Da totalidade dos alunos, 5,0% têm nacionalidade estrangeira e 79% não beneficiam de auxílios económicos da ação social escolar. Na escolaridade dos encarregados de educação dos alunos da escola, é de realçar que 50,4% frequentaram o ensino básico, 30,7% concluíram o ensino secundário e 18,9% o ensino superior.

Exercem a sua atividade na escola 170 docentes, dos quais 91,0% pertencem ao quadro. A experiência destes trabalhadores é significativa, sendo que apenas 13 docentes têm menos de 10 anos de serviço. O pessoal não docente é composto por 29 assistentes operacionais, 12 assistentes técnicos, um chefe dos serviços administrativos e uma psicóloga, a grande maioria com experiência profissional igual ou superior a 10 anos (81,0%).

A sala de aula onde decorreu o estudo localizava-se no Edifício B, no 2º piso, sala B23. Esta sala é ocupada pelas disciplinas de Informática e Programação. A sala tem capacidade para 20 alunos, é arejada e bem iluminada, possui computadores nas bancadas dos alunos e na secretária do professor, um QI, um videoprojector fixo no QI e um quadro branco, ou seja, correspondia a um espaço que possuía excelentes condições para o nosso trabalho.

4.4.2 Caracterização dos professores participantes

Foram duas professoras que participaram no presente estudo que, ficticiamente, serão nomeadas por: “*Professora A*” e “*Professora B*”, sendo que o *Professora A* pertence à *Escola A* e o *Professora B* pertence à *Escola B*. São ambas portanto do sexo feminino, com idades de 55 e 57 anos, residem a menos de 4 km da escola e têm tempo de serviço superior a 25 anos.

Lecionam a disciplina de Físico-Química há muitos anos, tendo conhecimento prático dos antigos e dos novos programas. Em termos de habilitações literárias as duas professoras formaram-se na Universidade de Coimbra, sendo que uma delas possui mestrado. Ambas foram orientadoras de estágio por mais de 10 anos e também já trabalharam com turmas dos ensinos básico, secundário e profissional. São professoras bastante experientes e comprometidas com o processo de ensino e aprendizagem.

O trabalho com as docentes, como já mencionado no início da presente tese, começou desde cedo, portanto conseguimos ter um contato muito próximo com ambas e conhecer bem as suas práticas em sala de aula.

A caracterização das professoras que participaram no presente estudo encontra-se resumida no Quadro 2.

Quadro 2

Caracterização das professoras participantes

Professor	A	B
Género	Feminino	Feminino
Idade (anos)	57	55
Distância que reside da escola (km)	3,3	0,4
Habilitações literárias	Mestrado em ensino de Química	Licenciatura em ensino de Química
Instituição de formação	Universidade de Coimbra	Universidade de Coimbra
Tempo de serviço (anos)	30	30
Tempo de serviço nesta escola	11	10*
Níveis de ensino que leciona no ano letivo 2016/2017	Ensino secundário – 10º e 12º anos, Físico-Química.	Ensino secundário – 11º ano, Físico-Química.

***Nota:** a professora fez o estágio da licenciatura nesta mesma escola, iniciou sua atividade profissional nela onde trabalhou durante 8 anos, depois mudou de escola e no ano letivo de 2015/2016 regressou e efetivou-se na escola.

4.4.3 Caracterização das turmas participantes

Este estudo envolveu num total 74 alunos das duas escolas envolvidas, duas turmas em cada escola, durante o ano letivo 2016/2017. Os alunos distribuía-se pelo 10º ano (47 alunos, ou seja, 64% do total dos alunos) e pelo 11º ano (27 alunos, ou seja, 36% do total de alunos), uma vez que eram as turmas das professoras participantes. Assim, os alunos do 10º ano pertenciam à Escola A e os alunos do 11º ano à Escola B, conforme se pode constatar através da análise do Gráfico 9 abaixo.

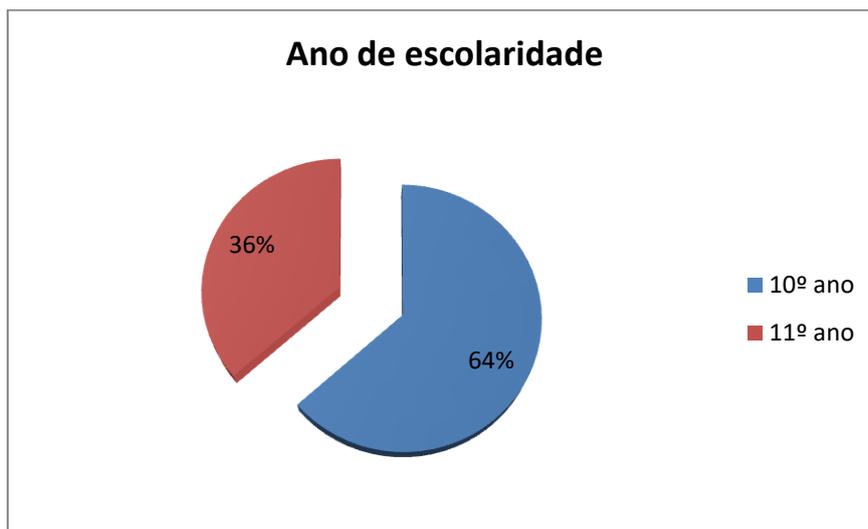


Gráfico 9 – Distribuição percentual dos alunos participantes por ano de escolaridade.

O Gráfico 10 permite verificar o número de alunos distribuídos por turma, sendo 10E a turma experimental do 10º ano e 10C a turma controlo do 10º ano, o mesmo acontece com as turmas do 11º anos, 11E a turma experimental do 11º ano e 11C a turma controlo do 11º ano.

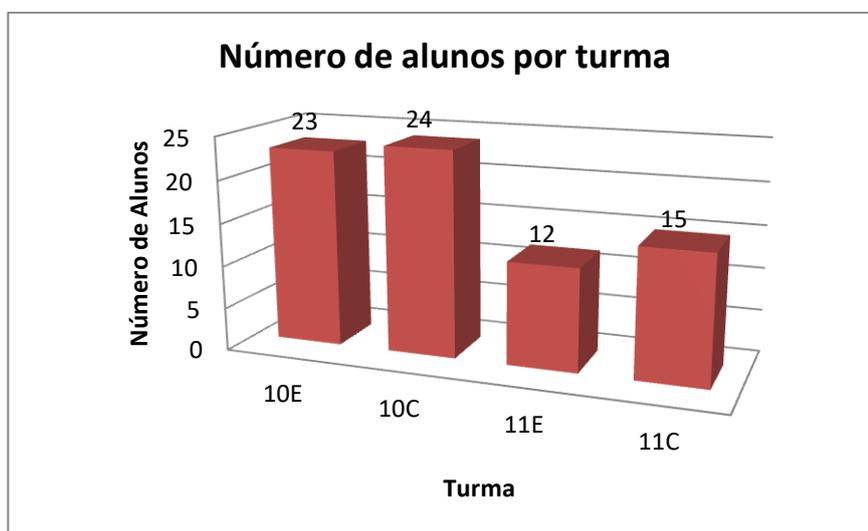


Gráfico 10 – Distribuição do número de alunos inscritos na disciplina de Física e Química A de cada uma das turmas do 10º e 11º anos de escolaridade participantes, no ano letivo de 2016/2017.

O Gráfico 11 permite-nos constatar que não existiram diferenças consideráveis nas médias das idades por turma e por ano de escolaridade, sendo que a média das

idades dos alunos do 10º ano foi de 15,4 e do 11º ano a média das idades foi de 16,5. Entretanto, se observarmos por turma na média das turmas do 11º ano de escolaridade a diferença é evidente devido ao número de alunos repetentes numa mesma turma (11E).

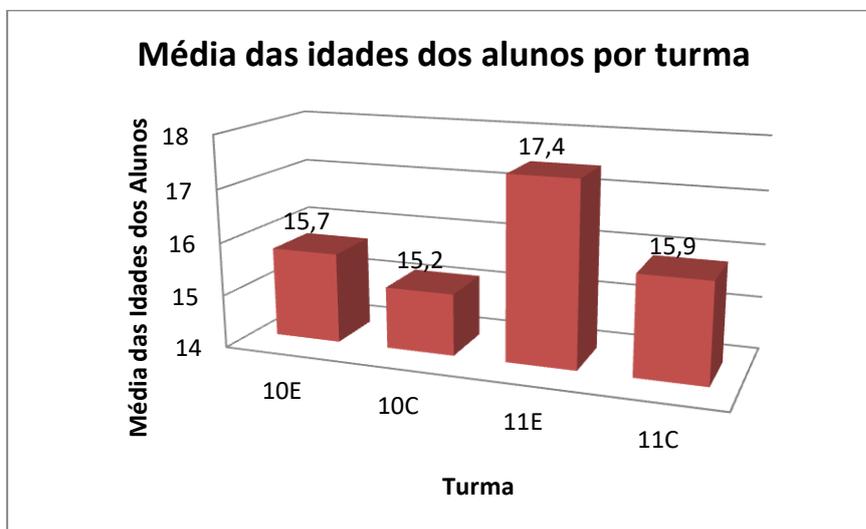


Gráfico 11 – Distribuição percentual, por turma, da média das idades dos alunos participantes.

Outra variável levada em consideração foi quanto ao género, participaram do presente estudo 45 alunos do género masculino (61% do total de alunos) e 29 alunos do género feminino (39% do total de alunos), como se pode observar através da análise do Gráfico 12.

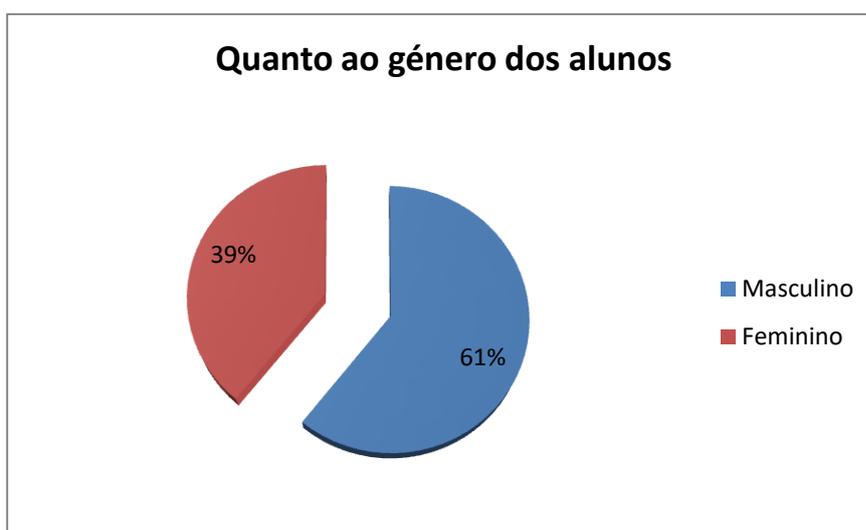


Gráfico 12 – Distribuição percentual, por género, dos alunos participantes.

No Gráfico 13, apresentamos a distribuição por género e por turma dos alunos que participaram deste estudo.

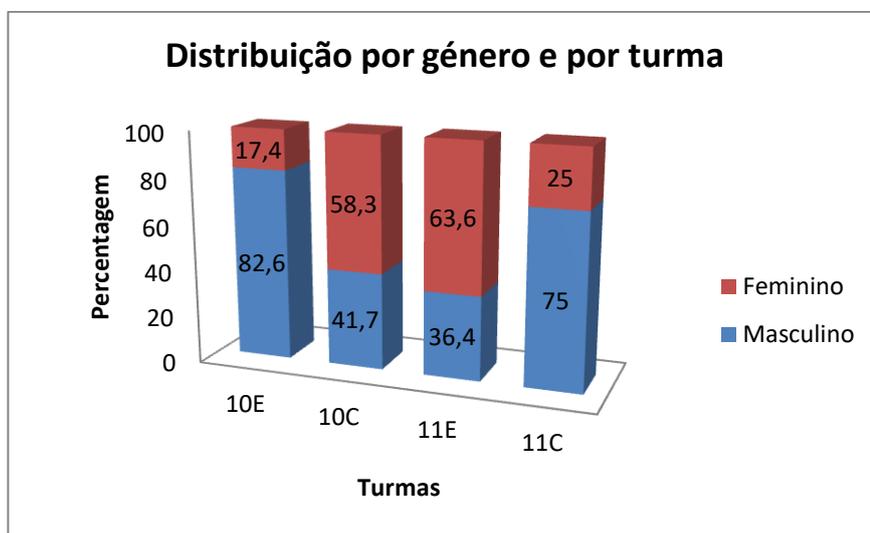


Gráfico 13 – Distribuição percentual, por género e por turma, dos alunos participantes.

O Gráfico 14 permite verificar que nas turmas do 10º ano 87% do total de alunos estavam matriculados pela primeira vez na disciplina de Física e Química A e apenas 13% dos alunos estavam a repetir a disciplina.

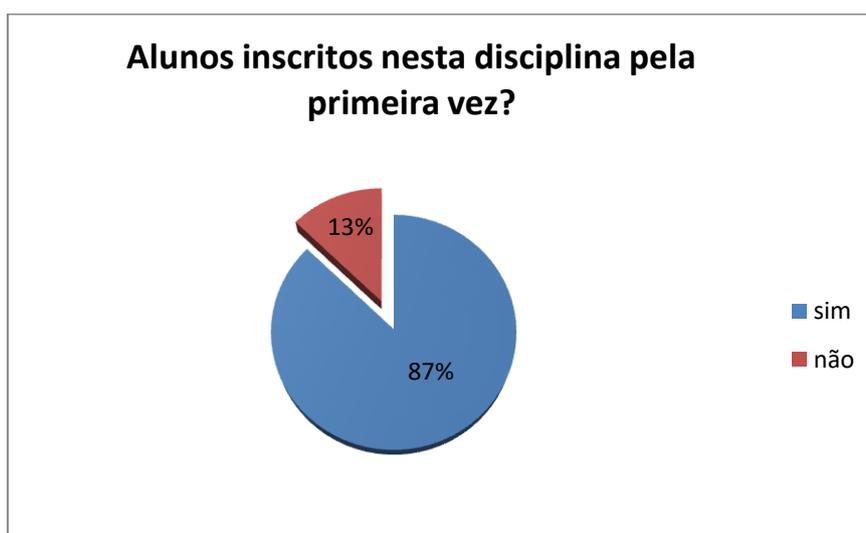


Gráfico 14 – Distribuição percentual dos alunos participantes inscritos pela primeira vez na disciplina de Física e Química A do 10º ano.

Já no Gráfico 15, a situação não é parecida com a de cima, uma vez que nas turmas do 11º ano 59% do total de alunos estavam matriculados pela primeira vez na disciplina de Física e Química A e 41% dos alunos estavam a repetir a disciplina, lembrando que no 11º ano os alunos prestam o exame nacional na referida disciplina.

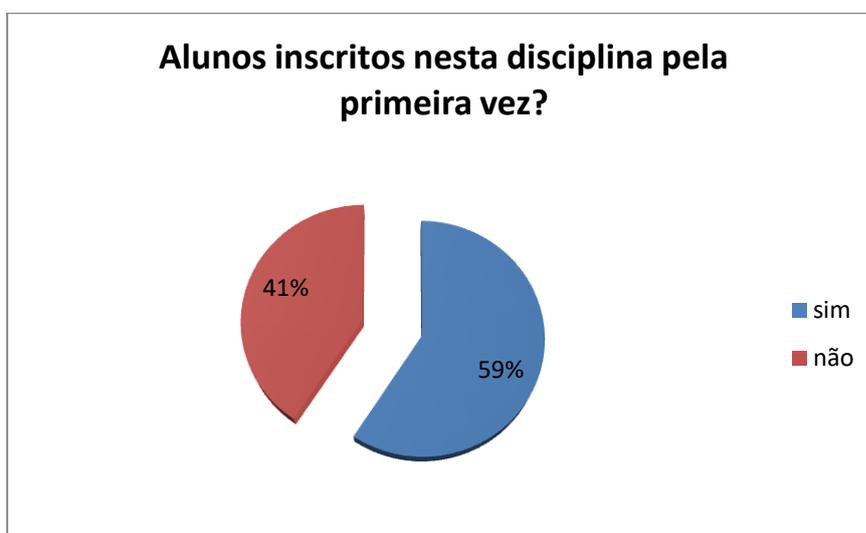


Gráfico 15 - Distribuição percentual dos alunos participantes inscritos pela primeira vez na disciplina de Física e Química A do 11º ano

4.5 Procedimentos de análise dos dados

Após recolha dos dados iniciámos o processo de análise e tratamento das informações recolhidas, com o objetivo de responder à questão inicial da nossa investigação. Vilelas (2009, p.307) destaca que os dados recolhidos, por si só, “não nos dirá em princípio nada, não nos permitirá alcançar nenhuma conclusão se, previamente, não os organizarmos e ordenarmos”. Em concordância Creswell (2010) refere que o processo de análise dos dados “envolve preparar os dados para a análise, conduzir diferentes análises, ir cada vez mais fundo no processo de compreensão dos dados, (...) representar os dados e realizar uma interpretação do significado mais amplo dos dados” (p. 217). Portanto devemos preparar os dados, descrevê-los e agregá-los, o que é chamado por Vilelas (2009) de etapa de processamento de dados.

Para Quivy e Campenhoudt (2008, p.216) “agregar dados ou variáveis significa agrupá-los em subcategorias ou exprimi-los por um novo dado pertinente”. Como o nosso estudo se enquadra numa abordagem mista, começámos por agrupar os dados, seguindo as recomendações de Vilelas (2009), e separámo-los usando um critério bem

básico: de um lado as informações do tipo verbal e de outro as informações do tipo numérico. Tendo em vista que a análise poderia assumir uma forma mais qualitativa ou mais quantitativa consoante o tipo de dados recolhidos (Creswell, 2010), optámos por recorrer a técnicas quantitativas para tratar informações numéricas e as técnicas qualitativas para processar as restantes das informações, ou seja, de um lado usámos a análise quantitativa dos dados referente aos questionários dos alunos e aos dados documentais, e do outro realizamos a análise qualitativa das informações obtidas nas entrevistas das docentes, questões abertas dos questionários dos alunos, grelhas de observação registadas pela investigadora e registos em vídeo.

De seguida descrevemos, de maneira resumida, as principais técnicas utilizadas para o tratamento dos dados recolhidos.

4.5.1 Análise dos dados qualitativos

A análise dos dados qualitativos deu-se a partir das recomendações de Creswell (2010), Figura 12, sugerindo uma abordagem linear, hierárquica, construída de baixo para cima.

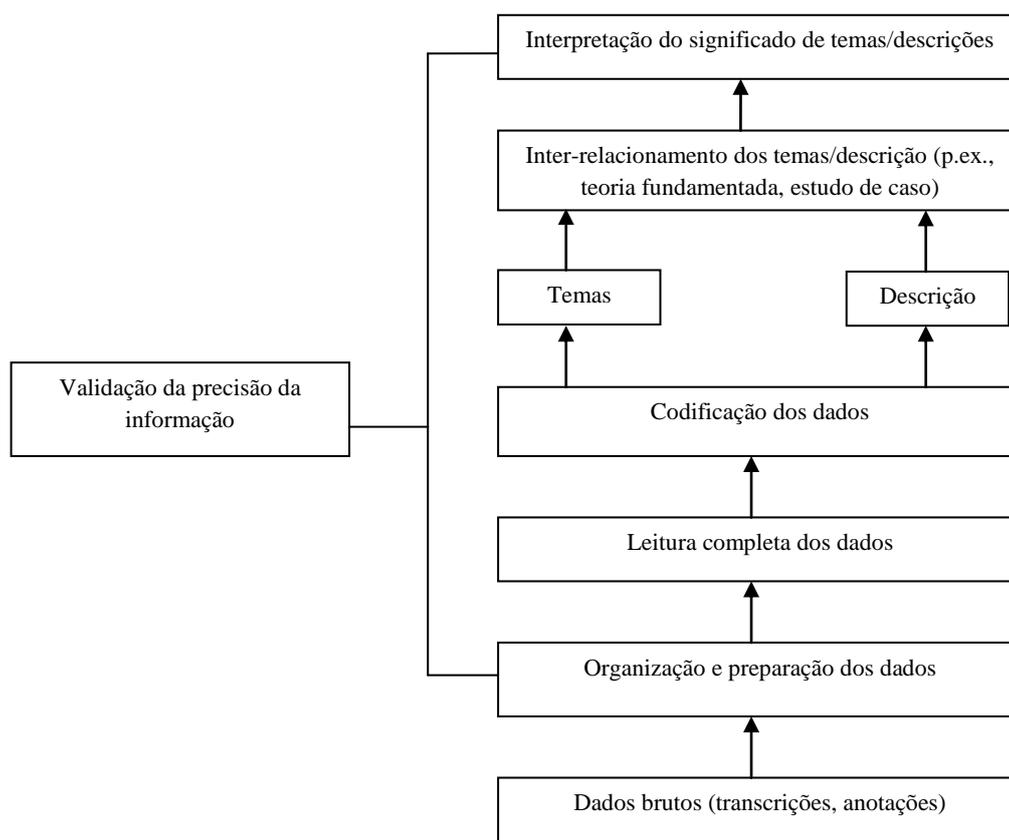


Figura 12 – Análise de dados na pesquisa qualitativa (Creswell, 2010, p. 218).

Após a separação dos dados, os tipos verbais dos tipos numéricos, começamos por organizar e reunir os dados, ou seja, transcrever as entrevistas, digitar as anotações de campo, as observações e visualizar, organizar e descrever os registos dos vídeos. Após esta primeira etapa, partimos para a leitura das informações recolhidas e reflexão sobre o seu significado global, seguindo o método de análise de conteúdo (Bardin, 2014). Destacaram-se, então, certas frases, palavras, padrões de comportamentos, acontecimentos e atitudes, que se iam repetindo com a nossa leitura e que, segundo Bogdan e Biklen (1994), levam a que o investigador desenvolva um sistema de codificação, a que chamam *categorias de codificação*, que consiste na procura de padrões e regularidades nos dados recolhidos e que depois, escreva palavras e frases que representem estes padrões. “As categorias constituem um meio de classificar os dados descritivos que recolheu (...), de forma a que o material contido num determinado tópico passe a ser fisicamente apartado por outros dados” (*op. cit.*, p.221). Esta fase de codificação dos dados é o processo de organização do material em blocos, ou segmentos

de textos (Creswell, 2010). Considerámos a lista proposta por Bogdan e Biklen (1994, pp.222-228) dos tipos de códigos que eles que procuram num banco de dados qualitativos:

- Códigos de contexto;
- Códigos de definição da situação;
- Perspetivas tidas pelos sujeitos;
- Pensamentos dos sujeitos sobre pessoas e objetos;
- Códigos de processo;
- Códigos de atividade;
- Códigos de acontecimento;
- Códigos de estratégia;
- Códigos de relação e de estrutura social;
- Códigos de métodos;
- Sistemas de codificação preestabelecidos.

Esta proposta dos autores é uma sugestão que oferece apenas alternativa acerca do que procurar, não devendo ser vista pelo investigador como uma convenção de codificação universalmente definida. A codificação pode ser feita à mão a partir das transcrições ou informações qualitativas, ou usando programas de computador qualitativos para ajudar a codificar.

A próxima etapa da análise foi usar a codificação para então gerar uma descrição da escola e dos professores e alunos e também das categorias ou temas para análise. A descrição envolveu uma apresentação detalhada das escolas *A* e *B*, dos professores *A* e *B* e das turmas envolvidas neste estudo.

Escolher a forma como as descrições e as categorias serão representadas na narrativa qualitativa foi a penúltima etapa da análise dos dados qualitativos, utilizámos passagens narrativas para comunicar os resultados, mas também fizemos uso de recursos visuais e tabelas como complemento às discussões, o que é também proposto por Creswell (2010). E por fim, chegou a hora de interpretarmos os dados tendo como apoio a literatura consultada nos capítulos 1 e 2 desta tese.

4.5.2 Análise dos dados quantitativos

Como já referimos no início do presente capítulo, os dados relativos aos questionários aplicados aos alunos dos 10º e 11º anos (as questões fechadas) e os dados documentais, relativamente às classificações dos alunos antes e após a intervenção, foram dados que tratámos, fundamentalmente, através de técnicas quantitativas. Quivy e Campenhoud (2008) salientam que a análise estatística permite ao investigador apresentar os dados de uma forma simples, como em tabelas e gráficos, por exemplo, facilitando a análise interpretativa do investigador mas, de acordo com os autores, não se deve limitar a uma simples apresentação descritiva dos resultados, deve-se recorrer à reflexão teórica prévia “a única a fornecer critérios explícitos e estáveis para a recolha, a organização e, sobretudo, a interpretação dos dados” (p.223).

Portanto, levando em consideração a natureza, as questões-problema e os objetivos da nossa investigação, recorreremos a estatística descritiva para analisar os dados recolhidos através das questões fechadas dos questionários e também as classificações dos alunos. A estatística descritiva consiste na coleta e apresentação de dados numéricos através de quadros, gráficos e indicadores numérico, que se baseiam no cálculo de frequências absolutas e relativas, média, desvio-padrão, mediana e moda (Vilelas, 2009). Trata-se de um tipo de estatística que permite calcular algumas medidas para resumir a informação e ajuda a descrever e compreender melhor o fenómeno em estudo.

Utilizámos essencialmente o programa *Microsoft Office Excel* para realizar as operações estatísticas e construir os gráficos apresentados neste estudo.

Nas questões tipo fechadas dos questionários destinados aos alunos a nossa análise baseou-se, sobretudo, em frequências relativas, enquanto nas questões tipo abertas, como não havia opções de respostas previamente sugeridas e os alunos tinham maior liberdade para se expressarem, olhámos para as frequências absolutas dos aspetos referidos pelos alunos e em seguida agrupámos esses aspetos em categorias por nós definidas.

Já as análises das classificações dos alunos, das turmas experimentais e controlo, basearam-se, fundamentalmente, nos valores relativos às médias obtidas pelos alunos, antes e após a intervenção.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS

Neste capítulo apresentamos os resultados obtidos das análises dos dados recolhidos no decorrer do estudo empírico. Optámos por agrupar para cada variável os dados recolhidos através dos diferentes instrumentos de investigação utilizados.

Começamos por expor os resultados sobre as características das escolas participantes na visão das professoras, aluno e investigadora, depois abordamos na visão das professoras sobre as suas práticas docentes. Apresentamos informações sobre as turmas, as suas características e o desempenho no módulo de Física, e também as relações dos alunos com a disciplina. De seguida, realizamos um levantamento sobre as principais pré-concepções e as dificuldades conceituais dos alunos em Física, observando a evolução das aprendizagens após a implementação do dispositivo pedagógico. Mostramos os resultados referentes ao uso do simulador computacional e do QI na intervenção pedagógica, na visão das professoras, alunos e investigadora. Também avaliamos a intervenção pedagógica e, por fim o dispositivo pedagógico elaborado.

5.1 Características das escolas

Resultados das entrevistas às professoras

As perceções das duas docentes obtidas através da entrevista A resumem-se nas seguintes ideias principais sobre as respetivas escolas:

- *Escola A*: Está a precisar de reformas e, com isso, há más condições de trabalho, há falta de materiais e equipamentos nos laboratórios de Física. No

entanto, a escola tem-se destacado positivamente nos últimos anos nas avaliações externas.

- *Escola B*: Foi remodelada em 2008 através do projeto Parque Escolar, possui excelentes condições de trabalho, os laboratórios de Física estão muito bem equipados. A escola tem tido bons resultados nas avaliações externas.

A *Professora A* da *Escola A* refere que a sua escola está a precisar de melhorias na infraestrutura e nos equipamentos, o que leva aos professores a ministrar suas aulas com o que têm na escola ou pedir emprestado a outras escolas. No entanto, isso não faz com que a escola tenha maus resultados nas avaliações externas, pois há bons professores que fazem um excelente trabalho.

Nas palavras da *Professora A*:

“A escola é muito antiga, os espaços e os equipamentos não estão em condições (...) precisa-se de obras urgentes, mas está a ser difícil, para já não há nada previsto. Os laboratórios de Física estão em más condições, não há materiais e os que temos já estão muito velhos (...) volta e meia temos de estar a pedir materiais a outras escolas ou até mesmo à faculdade, está muito mal, portanto tentamos fazer com o que temos (...). A escola tem ficado muito bem classificada nos exames nacionais, em 2015 e 2016 ficámos em 2º lugar aqui em (...) há bons alunos e bons professores (...).”

Segundo a *Professora B*, a *Escola B* passou por uma remodelação recente, há excelentes condições de trabalho, os equipamentos estão em perfeitas condições de uso. Os resultados das avaliações externas são bons, no entanto considera que poderiam ser muito melhores.

Nas palavras da *Professora B*:

“A escola passou por uma reforma recentemente, acho que foi em 2008 (...), foi sim (...), eu trabalhei aqui antes dessa remodelação feita pela Parque Escolar, era muito diferente. No ano passado eu voltei para a escola e encontrei aqui excelentes condições de trabalho, a escola é nova, as salas são amplas, arejadas e bem iluminadas, estão equipadas com computadores e projetores e há muitos QIs, mas digo já que poucos são usados (...). Os laboratórios de Física têm instrumentos e materiais para usarmos nas aulas, o que nos falta é tempo (...) sou um pouco crítica quanto à disposição das bancadas, não concordo, tinha de estar diferente (...). Temos bons resultados nos exames nacionais, no último ano crescemos bastante no *ranking* em relação a

2015, mas poderia ser bem melhor se o nosso público não fosse tão diferenciado, ainda temos de melhorar muito (...). Há bons professores e bons alunos na escola, fazemos um bom trabalho aqui, temos uma boa qualidade de ensino.”

Resultados dos questionários aos alunos

Através da análise dos dados obtidos através do pré-teste podemos observar que a maioria dos alunos questionados, em ambas as escolas, têm uma perceção positiva da qualidade da escola que frequentam, embora se note alguma superioridade nos valores relativos à *Escola B*.

De facto, a maioria dos alunos questionados na *Escola A* (turmas experimental e controlo) considerou a qualidade da escola satisfatória (48%) ou boa (35%), no entanto 17% dos alunos consideraram a qualidade da escola insatisfatória (Gráfico 16).

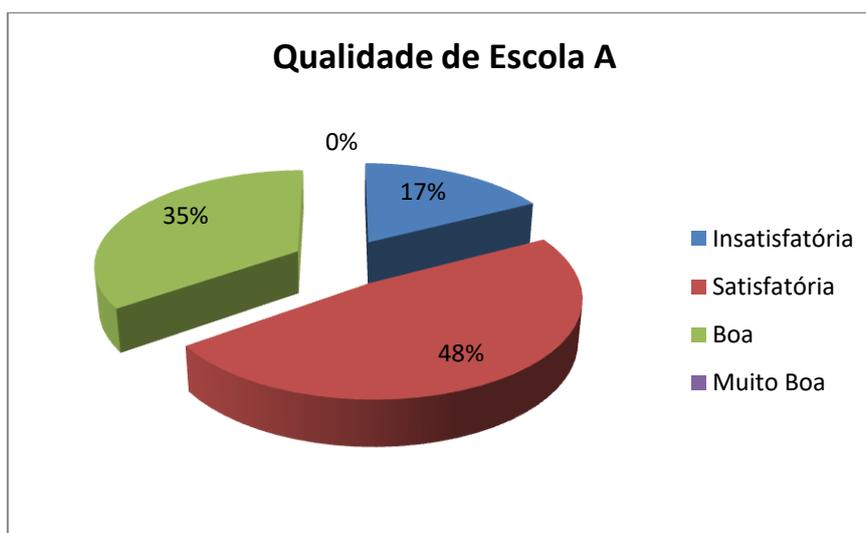


Gráfico 16 – Apreciação pelos alunos participantes da qualidade da *Escola A*.

Já a maioria dos alunos da *Escola B* (turmas experimental e controlo) considerou a qualidade da escola boa (56%) ou muito boa (33%), poucos alunos consideraram a escola satisfatória (11%) e nenhum aluno considerou a qualidade da escola como sendo insatisfatória (Gráfico 17).

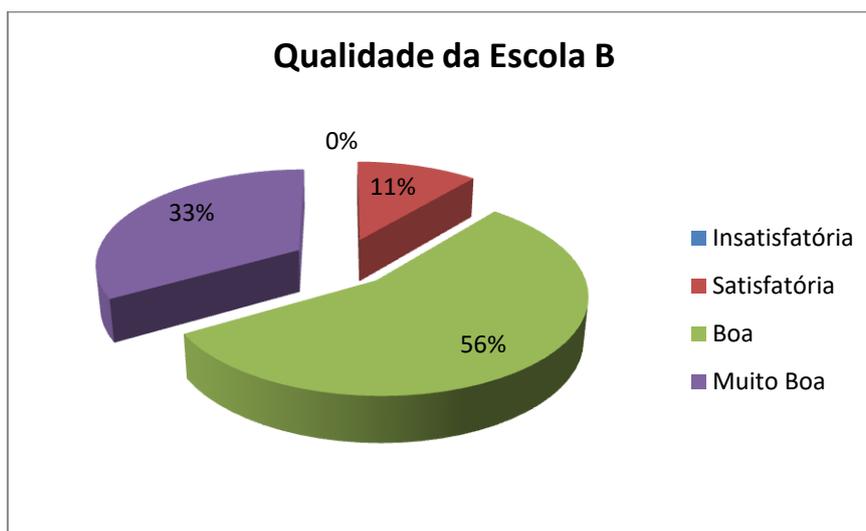


Gráfico 17 – Apreciação pelos alunos participantes da qualidade da *Escola B*.

Resultados da observação de aulas

Durante a observação direta de aulas foi possível constatar uma grande diferença de infraestruturas entre as duas escolas envolvidas neste estudo. Enquanto que na *Escola A* temos uma sala de aula com más condições ao nível da iluminação, acústica e recursos tecnológicos, na *Escola B* temos uma sala de aula ampla, iluminada, com ótima acústica e com recursos tecnológicos em boas condições.

5.2 Práticas docentes

Resultados das entrevistas às professoras

As perceções que as professoras entrevistadas manifestaram sobre as suas práticas de ensino apontam para uma ideia principal:

- Existem semelhanças nos estilos e fazeres pedagógicos: ambas as professoras se referem motivadas e empenhadas e procuram diversificar as metodologias nas suas aulas, disponibilizando ainda exercícios para além dos que constam no manual dos alunos.

Apresentamos de seguida alguns excertos das entrevistas que explicitam as ideias acima expressas.

A *Professora A* definiu-se como uma professora “diversificada”. Defendendo a realização de fichas de trabalho, apontou que usa recursos tecnológicos nas aulas, como a projeção de *PowerPoint* e programas de simulação. Procura dar as mesmas oportunidades a todos os alunos, referindo-se àqueles que têm explicações fora da escola.

Assim, nas palavras da *Professora A*:

“Gosto muito de estar em sala de aula, de pensar em ações para diminuir as dificuldades dos alunos nesta disciplina (...), gosto da satisfação que eles têm quando aprendem bem o conteúdo (...). Deveria ser um pouco mais exigente, no sentido de ser mais dura (...). Vario muito as minhas aulas, procuro fazer aulas diferentes, reflito muito sobre minha prática. Trabalho bastante com eles, acompanho-os bastante, faço as minhas fichas, além do livro de atividades tenho muitos exercícios, seleciono exercícios de outros manuais, disponibilizo todas as fichas e resoluções na plataforma da escola, disponibilizo os *PowerPoint* (...). Antes dos testes faço sempre o teste equivalente do ano anterior porque sei que alguns alunos têm explicadores e outros não, assim todos ficam a ter o mesmo acompanhamento (...). Dou aulas de apoio, faço aulas laboratoriais, quero que eles estejam a trabalhar (...). O planeamento das aulas ocorre em grupo disciplinar. Fizemos os mesmos testes para as turmas de anos equivalentes.”

A *Professora B* definiu-se como uma professora apaixonada pelo que faz e muito exigente, preocupada com a participação dos alunos, defendeu também as fichas de trabalho e, apontou que apenas utiliza a projeção de *PowerPoint* como recurso tecnológico em suas aulas. Considerou fundamental a motivação dos alunos e procura sempre interligar os conteúdos com o quotidiano.

Segundo a *Professora B*:

“Vou-lhe dizer, eu não trocava por nada (...) o que eu gosto mesmo de fazer é de ser professora, do contato com os alunos, é imensamente importante, apesar de estarmos a passar uma fase difícil no ensino (...). Eu saio cansada das aulas, eu nunca estou sentada na cadeira, o meu objetivo é que eles aprendam, participem que eles colaborem, mas é preciso estar sempre a incentivá-los, a motivá-los, senão a aula fica centrada em mim, procuro ser dinâmica nas minhas aulas e sou muito ativa. Sabe, nós aprendemos muito com nossos alunos, eu sempre lhes digo: vocês têm oito professores e eu tenho 52 (...), qualquer atitude deles em sala de aula nos faz pensar a forma como devemos reagir (...) Eu gosto muito das fichas de atividades, estou sempre

a buscar novos exercícios noutros manuais, faço tudo aquilo com eles, faço atividades laboratoriais, mas não uso simulações, peço que venham à frente para explorar alguma lei (...) temos de ser ativos, dinâmicos nas aulas, eu costumo usar a projeção em *PowerPoint* mas para ser feito em sala de aula, complementando as informações, interligando os conteúdos com o quotidiano, eles aprendem melhor assim (...). Realizamos a planificação das aulas com o grupo disciplinar. Os testes também elaboramos com o grupo disciplinar, todos os 11º anos realizam o mesmo teste”.

Com base nas opiniões das professoras *A* e *B* conseguimos observar que estando preocupadas com as aprendizagens dos alunos utilizam nas suas aulas diferentes estratégias de ensino o que vai de acordo com as finalidades e os objetivos do novo programa e metas curriculares de Física e Química A apresentados no Capítulo 1 da presente tese. Observamos nos excertos acima a preocupação em diversificar as práticas em sala de aula, com a inserção de novas estratégias com o objetivo de envolver mais os alunos na aprendizagem da Física. Engle e Conant (2002, pp. 404-405) apontaram quatro princípios norteadores para promover o envolvimento produtivo dos alunos: encorajar os alunos a dar contribuições intelectuais; dar autoridade aos alunos; responsabilizar os alunos; providenciar os recursos necessários, bem como o acesso a fontes de informação relevantes. Segundo Palmer (2007) é preciso que os professores usem diversas estratégias para garantir a motivação dos estudantes.

Resultados dos questionários aos alunos

Por motivos éticos não se formulou nenhuma questão aos alunos para que manifestassem, diretamente, a sua opinião sobre as práticas de ensino das docentes.

Resultados da observação de aulas

Nas observações de aulas realizadas nas *Escolas A* e *B*, respetivamente nas turmas das *Professoras A* e *B*, verificou-se que o perfil de ambas as professoras é bastante semelhante. Têm um contato bastante próximo com os alunos, as suas aulas não se detêm especificamente na resolução de atividades do manual, proporcionam momentos de diálogo com a turma, buscam despertar nos alunos a motivação para a

aprendizagem da Física, envolvem os alunos nas explicações dos temas abordados e mostram-se preocupadas com o desenvolvimento conceitual em Física.

5.3 Percepções sobre as turmas

Resultados das entrevistas às professoras

A opinião das duas professoras entrevistadas sobre as suas turmas, que participaram nesta investigação (experimental e controlo), aponta para as seguintes ideias principais em comum:

- As características bastante diferenciadas das turmas *A* e *B*;
- A existência de heterogeneidade, em termos de aproveitamento escolar, dentro da mesma turma.

Explicitamos agora estas ideias com apoio a alguns trechos das entrevistas realizadas às professoras.

A *Professora A* salientou que a turma experimental é bastante imatura, sem métodos de trabalho e com poucos hábitos de estudo. Há uma grande diferença entre as classificações dos alunos na componente da Física, sendo que muitos alunos frequentam aulas de apoio extraclasse.

Assim, nas palavras da *Professora A*:

“São muito imaturos, é uma turma que vem ainda muito habituada ao 9º ano, ainda não têm grandes regras nem métodos de trabalho (...) tenho de estar a motivá-los a todo o momento, por vezes é difícil envolvê-los nas aulas, são bastante dispersos, desatentos sabe? e muito conversadores. Não são muito estudiosos, já há alunos que estão em vias de chumbar (...) mas há também bons alunos, bem aplicados que querem aprender, muitos alunos têm explicadores de Física (...) quanto às notas há uma grande disparidade, alunos com bons resultados, alunos medianos e aqueles alunos com resultados insatisfatórios (...), a turma controlo é muito parecida com esta, em termos de classificações e de características, são um bocado mais aplicados, mas no geral também são imaturos e sem grandes hábitos de estudo até o momento”.

A *Professora B* distinguiu as duas turmas do 11º ano que participaram neste estudo, como grupo experimental e grupo controlo, referindo que este ano letivo está a ser um desafio, pois por ter um grande número de alunos a repetir a disciplina de Física a escola decidiu dividir a turma-base em duas, deixando numa turma os alunos repetentes e na outra os alunos que estão inscritos pela primeira vez.

Assim, segundo a *Professora B*:

“Este ano letivo está a ser um grande desafio, tenho duas turmas do 11º ano que na verdade é uma turma só, a turma-base foi dividida em duas, numa puseram todos os alunos com a disciplina de Física em atraso e, na outra, os que estão inscritos pela primeira vez (...) as duas turmas são muito boas, tenho bons alunos, eles são interessados, querem aprender (...). Na turma dos alunos com a disciplina em atraso (o nosso grupo experimental) tenho de trabalhar mais, desenvolver mais os conteúdos, recuperar conceitos que ali não estão aprendidos, percebe? (...) são alunos menos motivados. Nas duas turmas tenho alunos com bons resultados, outros com resultados medianos e alunos com resultados menos satisfatórios. O rótulo que este tipo de alunos costumam ter de não quererem saber de nada, desinteressados, com uma forma de estar em sala de aula inadmissível, indiferentes (...) este grupo não é nada assim, olha eu ainda hoje estive em aula com eles e estavam preocupadíssimos em fazer mais atividades, eles sabem que têm de trabalhar bastante, já tiveram a experiência de reprovar no exame e eu tenho de estar a motivá-los constantemente para não desistirem (...). Na outra turma (o nosso grupo controlo) eles são mais autónomos, têm menos dificuldades, principalmente concetuais, também estão preocupados em aprender, são mais motivados. Em ambas as turmas não há problemas de comportamento”.

Esta professora referiu que ficou muito surpresa e preocupada quando viu a constituição das turmas no início do ano letivo “eu assustei-me quando vi o número de alunos com a disciplina em atraso numa mesma turma”, salientando que dividi-los foi a melhor solução: “sem dúvida nenhuma terem dividido a turma, reunindo todos os alunos com a disciplina em atraso, foi a melhor opção, pois consigo trabalhar melhor com eles”.

Nas suas falas as professoras mostram-se preocupadas com a motivação dos alunos, sendo que a motivação é um fator que interfere na aprendizagem e como destacam Palmer (2007) e Martins *et al.* (2005) os alunos com pouco sucesso são alunos desmotivados, não apresentando interesse na disciplina e não reconhecendo a importância dela para a sua formação. É crucial que o professor identifique nas atitudes

dos alunos quando está desmotivado e com isso adotar novas estratégias de ensino que tenham como meta a mudança comportamental dos seus alunos.

Resultados dos questionários aos alunos

A opinião global dos alunos que responderam ao questionário (turmas experimentais A e B e turmas controlo A e B) aponta para as seguintes ideias principais:

- Os alunos têm uma opinião positiva sobre a respetiva turma;
- Ao nível do aproveitamento escolar e do comportamento das turmas, na opinião dos respetivos alunos, verifica-se alguma heterogeneidade, o que é considerado como globalmente positivo.

Apresentamos agora os aspetos que fundamentam as ideias acima, a *Turma A* (*experimental A* e *controlo A*) pertence à *Escola A* e a *Turma B* (*experimental B* e *controlo B*) pertence à *Escola B*.

A análise do Gráfico 18 mostra que a totalidade dos alunos considerou o aproveitamento escolar da respetiva turma satisfatório (65%) ou bom (35%), conjugando assim uma opinião global bastante positiva em relação ao aproveitamento escolar da turma em que se inserem.

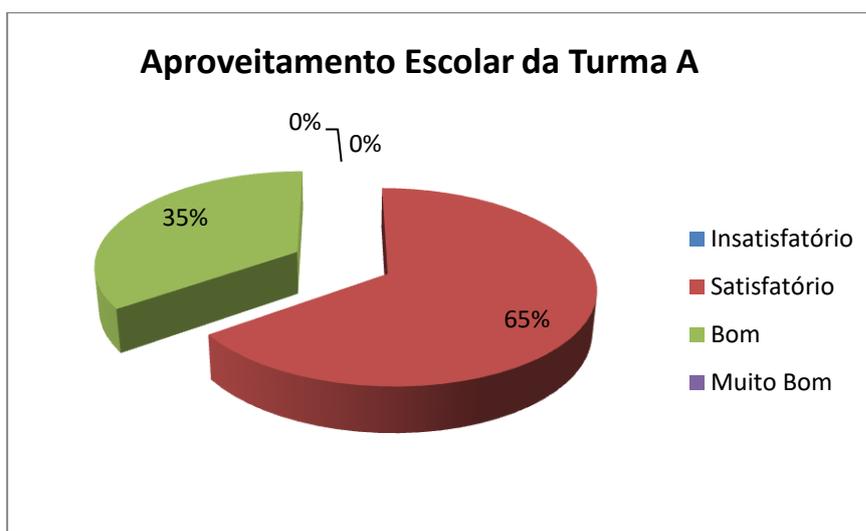


Gráfico 18 – Apreciação do aproveitamento escolar global da *Turma A*, segundo os alunos.

Na *Turma B* (Gráfico 19), os alunos consideraram o aproveitamento escolar da turma satisfatório (42%), bom (50%) ou muito bom (8%), traduzindo, assim, uma opinião global também positiva em relação ao aproveitamento escolar da sua turma.

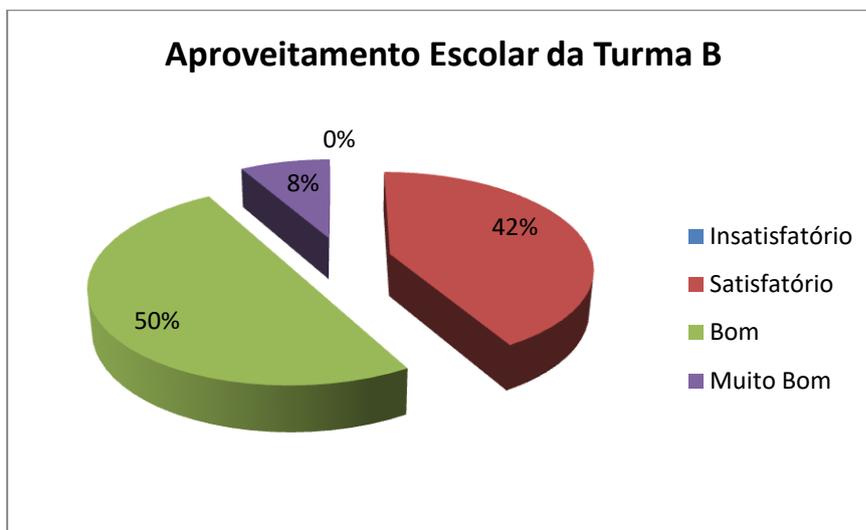


Gráfico 19 - Apreciação do aproveitamento escolar global da *Turma B*, segundo os alunos.

Quanto ao nível de comportamento das turmas, podemos verificar nas opiniões dos alunos alguma divergência nas respostas dos alunos da *Turma A* (Gráfico 20).

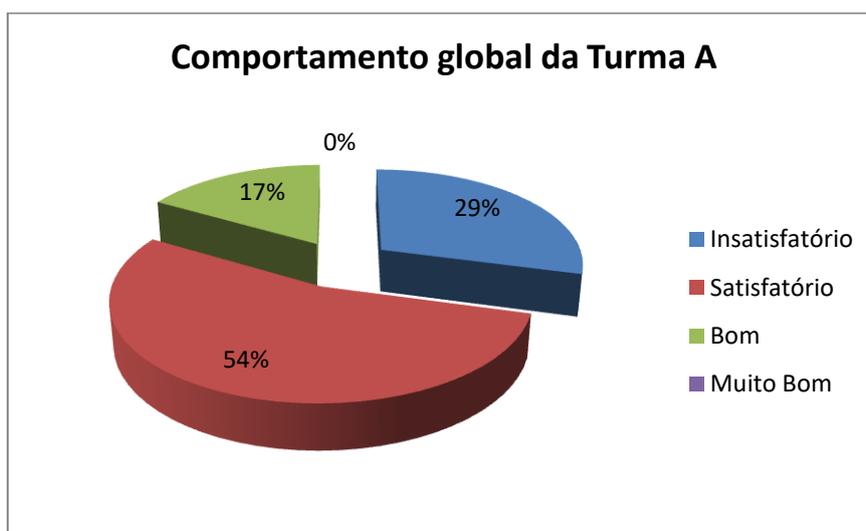


Gráfico 20 - Apreciação do comportamento global da *Turma A*, segundo os alunos.

Na *Turma A* a maioria dos alunos considerou que o comportamento global da turma em sala de aula é satisfatório (54%) ou bom (17%), no entanto 29% dos alunos questionados considerou-o insatisfatório.

Na *Turma B* os alunos consideraram o comportamento da turma satisfatório (75%), bom (17%) ou muito bom (8%), ou seja, a percepção de todos os alunos que responderam ao questionário em relação ao comportamento global da turma foi positiva (Gráfico 21).

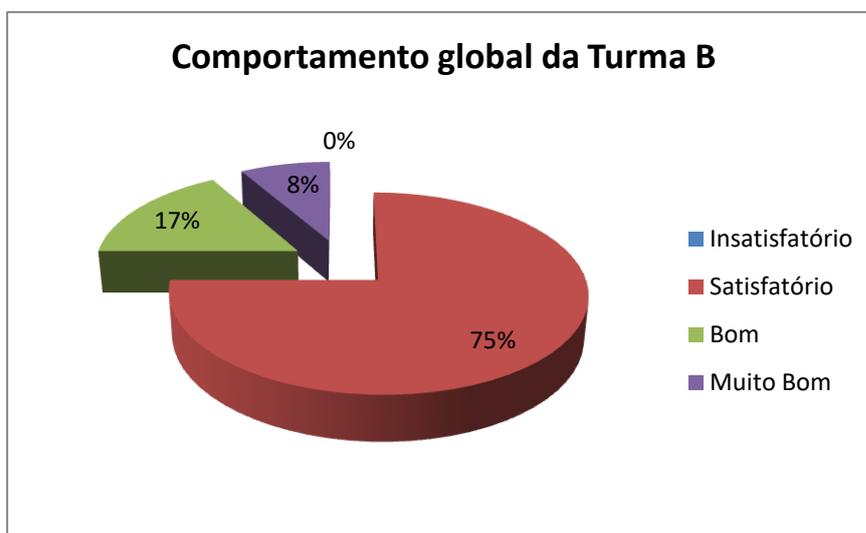


Gráfico 21 - Apreciação do comportamento global da *Turma B*, segundo os alunos.

Resultados da observação de aulas

Efetuararam-se algumas anotações sobre as características das turmas experimentais *A* e *B* durante a observação direta de aulas, as quais parecem reforçar as ideias principais já referidas.

Em relação à *Turma Experimental A*, transcrevemos alguns excertos dos registos na ficha de observação realizados antes da intervenção, sobre as principais características da turma:

- “A turma em geral, ao entrar na sala, demora alguns minutos até acomodar-se em seus lugares”;
- “A professora solicita em muitos momentos da aula que façam silêncio”;
- “Alguns alunos durante a resolução de atividades do manual não estão a fazer as atividades propostas, a professora precisa intervir por duas vezes”;

- “A turma é bastante heterogénea, alguns alunos apresentam muitas dificuldades na resolução das atividades, enquanto que outros as fazem sem dúvidas”.

A observação realizada na *Turma Experimental B* nos aponta as seguintes características da turma:

- “A turma é bastante madura e disciplinada”;
- “Apresentam muitas dificuldades conceituais”;
- “São organizados e preocupados em aprender o conteúdo”;
- “Preocupam-se bastante com o tipo de questões do exame nacional”;
- “Durante a resolução de atividades proposta pela professora, os alunos ajudaram-se uns aos outros”.

Podemos observar, através dos registos realizados, que as turmas experimentais deste estudo apresentam características bastante diversificadas, sendo este um ponto que nos permitiu ter uma visão mais alargada da aplicação do dispositivo pedagógico em diferentes contextos de ensino e aprendizagem.

5.4 Relações com a disciplina de Física

Resultados dos questionários aos alunos

A análise global das respostas dos alunos das turmas *A* e *B* ao questionário parece apontar para as seguintes ideias principais:

- Os alunos que estão inscritos na disciplina pela primeira vez têm uma opinião mais positiva sobre a mesma;
- As duas turmas (*A* e *B*) apresentam uma opinião positiva em termos de aproveitamento nesta disciplina;
- Existe heterogeneidade em termos de frequência de aulas de apoio extracurricular nas duas turmas (*A* e *B*) questionadas.

Ao questionarmos sobre o gosto pela componente de Física, os alunos com a disciplina em atraso apresentaram opiniões menos positivas, comparando com os alunos que estão inscritos na disciplina de Física e Química *A* pela primeira vez (Gráfico 22).

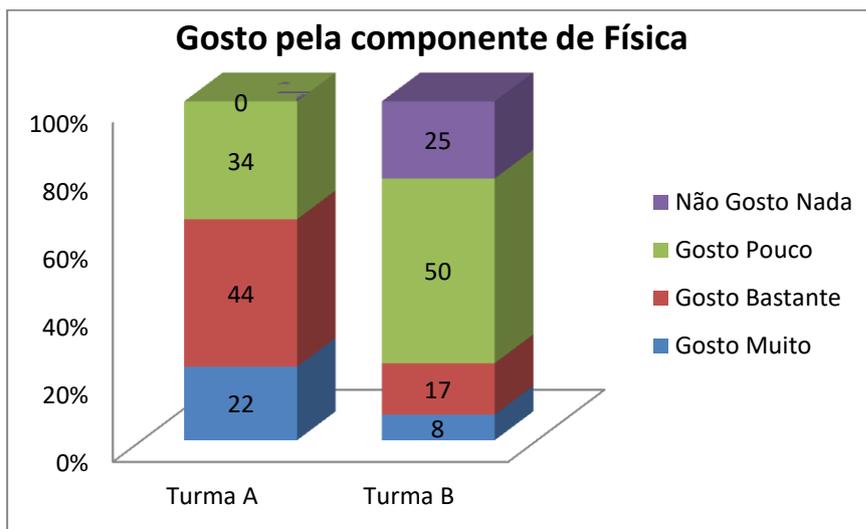


Gráfico 22 – Distribuição percentual por turma do gosto pela componente de Física.

A maioria dos alunos da *Turma A* manifestou uma opinião bastante positiva em relação à componente de Física: considerando que gosta muito (22%) ou gosta bastante (44%), enquanto 34% respondeu que gosta pouco.

Já na *Turma B* podemos observar que os resultados foram diferentes: a maioria dos alunos considerou que gosta pouco (50%) ou não gosta nada (25%) desta componente, apenas 17% dos alunos respondeu que gosta bastante e 8% que gosta muito.

É observada disparidade entre as turmas em relação ao apoio extracurricular, (Gráfico 23). Na *Turma A*, 14 alunos (61%), frequentam algum tipo de apoio enquanto que na *Turma B* apenas 3 alunos (25%) responderam que frequentam. O apoio extracurricular pode ser dado na escola, fora do horário de aula, e no caso destas turmas (*A* e *B*) e ministrado pelas próprias professoras das turmas e, também, pode ser obtido fora da escola com um explicador particular.

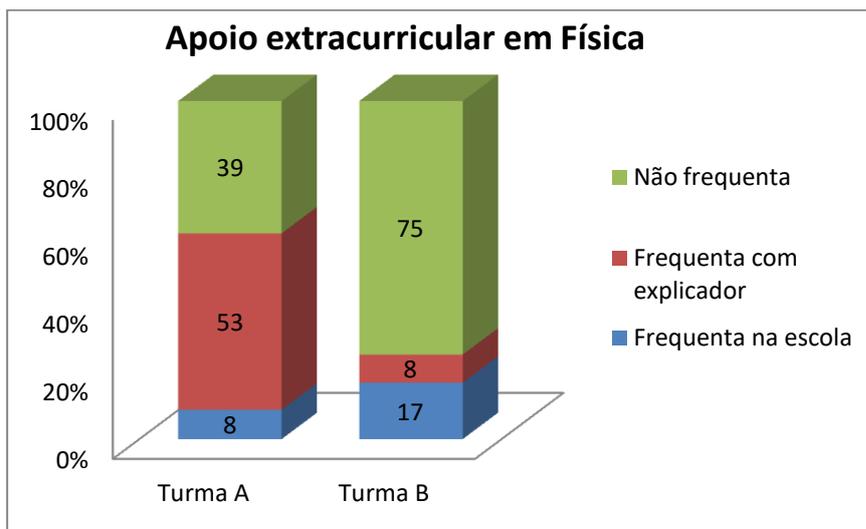


Gráfico 23 – Distribuição percentual por turma da frequência de apoio extracurricular em Física, segundo os alunos.

A maioria dos alunos da *Turma A* gostam da disciplina de Física e frequentam algum tipo de apoio extracurricular, essa correlação pode ser justificada pelo facto que, com mais tempo a estudar a disciplina começam a apreciá-la de uma maneira diferente, conseguindo ter uma melhor aprendizagem e com isso motivação para o estudo da Física.

Em relação à frequência com que estudam a componente de Física, em casa, as duas turmas (*A* e *B*) demonstraram nas suas respostas ainda não terem grandes hábitos de estudo e comprometimento com as suas aprendizagens, assumindo que a maioria estuda somente para os testes (Gráfico 24), estando de acordo com o diagnóstico realizado por Martins *et al.* (2005) que apontou que apenas 25% estudantes inquiridos portugueses estudam com regularidade.

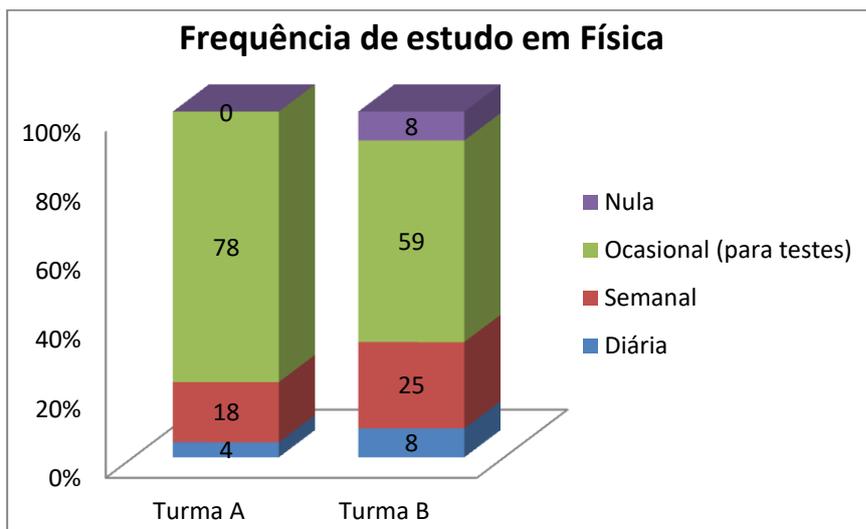


Gráfico 24 – Distribuição percentual por turma, da frequência com que os alunos estudam a componente de Física, segundo os alunos.

Quando questionados sobre o aproveitamento na componente de Física, a grande maioria dos alunos manifestou uma percepção positiva, considerando ter um aproveitamento suficiente, bom ou muito bom (Gráfico 25).

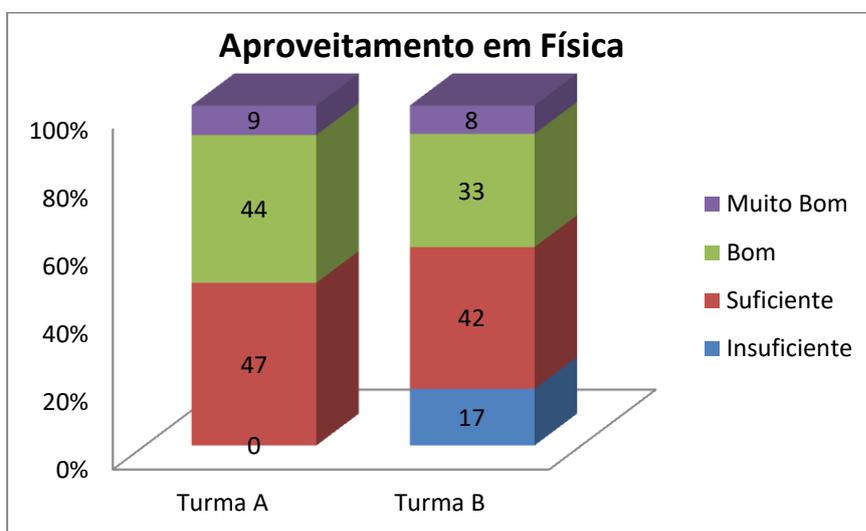


Gráfico 25 – Frequência absoluta por turma da apreciação do aproveitamento na componente de Física, segundo os alunos.

5.5 Pré-concepções e dificuldades concetuais

Como já referimos na introdução da presente tese, o dispositivo pedagógico elaborado para este estudo foi construído segundo as informações sobre as principais

pré-concepções apresentadas pelos alunos nos 10º e 11º anos de escolaridade, recolhidas através das entrevistas às professoras e questionários aos alunos.

Resultados das entrevistas às professoras

As opiniões das professoras entrevistadas apontam para duas ideias principais sobre as pré-concepções mais presentes nos alunos:

- No 10º ano elas estão mais presentes na representação das forças e na associação do movimento com a respetiva representação gráfica.
- No 11º ano as mais evidentes são: o fato dos alunos relacionarem força com velocidade, representação vetorial e associam que é somente o peso de um corpo que faz cair ou descer um plano sem atrito.

Apresentamos agora alguns excertos das entrevistas realizadas às professoras que justificam as ideias acima.

Para a *Professora A* os alunos trazem muitas pré-concepções quando chegam ao 10º ano, elas são identificadas durante a exploração dos conteúdos, nos exercícios e a partir daí trabalha-se para transformá-las em conhecimento científico:

“quando eles entram no 10º ano é preciso um trabalho muito consistente com eles sobre os conceitos, pois no 3º ciclo os conceitos são trabalhados muito superficialmente com outro tipo de linguagem para que os alunos a entendam. Há muitos conhecimentos do dia a dia ali e a maioria estão errados como, por exemplo, a noção de que corpos mais pesados chegam primeiro ao solo, independente do local onde está (...). É difícil fazer mudá-los essas ideias, tentamos, com a realização de algumas simulações, resolvemos mais atividades práticas/problemas, atividades laboratoriais, a tentar essa mudança (...) você explica e eles dizem que entenderam porque não é como pensavam mas, quando faz alguma pergunta relacionada, aparece novamente, temos de insistir bastante para que reflitam (...). (...) dificuldades por exemplo no plano inclinado quando um bloco está a descer e a velocidade está a aumentar, para eles a energia cinética aumenta então a energia potencial também aumenta (...) outra coisa são os gráficos, relacioná-los com os movimentos (...) eu pergunto qual o gráfico que representa esse movimento, eles têm muitas dificuldades (...).”

A mesma professora também destaca que além das pré-concepções presentes nos conhecimentos dos alunos, “a matemática também dificulta bastante o entendimento dos conceitos” uma vez que “o programa de Física não está de acordo/ao mesmo tempo do que o programa da Matemática”, com isso os alunos do 10º ano apresentam muitas dificuldades na interpretação gráfica.

A *Professora B* aponta que é nos conteúdos do 11º ano de escolaridade que são mais visíveis as pré-concepções de Física. Nas palavras desta professora:

“quando trabalhamos no plano inclinado os alunos têm dificuldades em representar as forças, para eles o tamanho dos vetores é indiferente (...) perceberem por que razão é que um bloco desce e qual é a componente, por exemplo, do peso responsável pelo movimento de descida, eles dizem que é o peso na totalidade e fazer-lhes ver que não é o peso na totalidade, mas é uma parte do peso, que acontece a outra componente, não é fácil (...) outra coisa, a força instantânea que comunicou uma determinada velocidade a um corpo ao subir, para eles essa força continua a existir até que o corpo atinja uma altura máxima (...) temos de fazer um longo trabalho para que eles percebam, vou detalhando o conteúdo, detalhando até que consigam, vou questionando e vão aos poucos percebendo os erros, equívocos, digo eu. A grande maioria dos alunos associa a força à velocidade, se tem movimento tem força (...) esta turma dos alunos com a disciplina em atraso têm muitas dificuldades conceituais, lacunas, sabe? É preciso uma grande exploração dos conteúdos, eles visualizarem os fenómenos é importante para que percebam, eu tenho sempre comigo bolinhas, carros (...) mas há coisas difíceis de mostrar, então tento com as atividades do manual complementar”.

Esta professora também destaca as dificuldades dos alunos na Matemática: “muitos deles não percebem o significado da Matemática na resolução dos exercícios, eles têm dificuldades na Matemática e erros conceituais em Física, já viste o trabalho que tenho de fazer?”.

A *Professora A* refere a dificuldade dos alunos nos conceitos, que ao iniciarem o ensino secundário não estão acostumados com o tipo de linguagem da Física, o que vai de acordo com Teodoro, Schwartz e Neves (2012), que dizem que aprender Física é como aprender uma nova linguagem. As professoras entrevistadas salientam que o aluno precisa de visualizar os fenómenos e trabalhar os conceitos para que as pré-concepções sejam transformadas em conhecimento científico.

Assim, as falas das professoras vão ao encontro da caracterização das construções das pré-concepções realizada por Peduzzi *et al.* (1992, p.240), como já referimos. Para estes autores elas “são persistentes”, “diferentes das ideias expressas através de conceitos, leis e teorias”, “interferem na aprendizagem da Física”. Isto também foi confirmado por Foisy *et al.* (2015). As professoras também referem que a insuficiência dos conhecimentos matemáticos dificulta o entendimento dos conceitos físicos, como também apresentou Martins *et al.* (2005) no estudo realizado no contexto português já referido.

Resultados dos questionários aos alunos

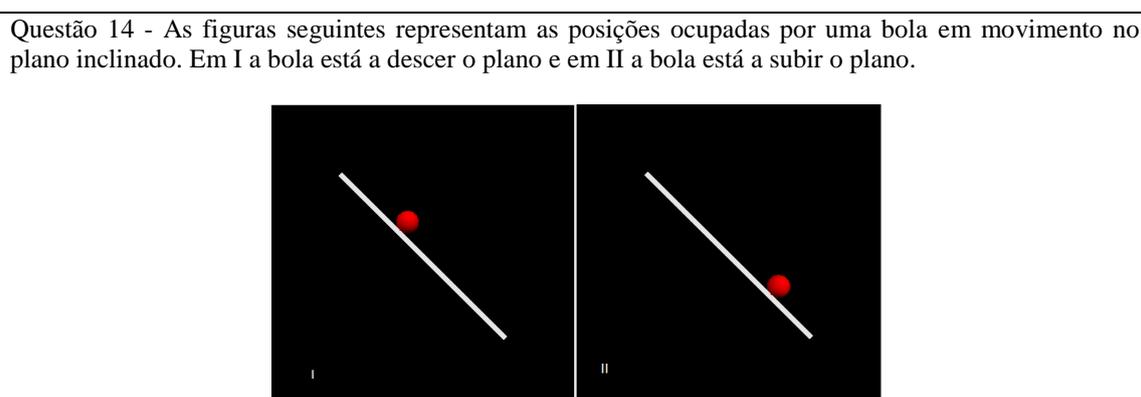
A recolha de informações sobre as pré-concepções através de questionários aos alunos aconteceu em dois momentos diferentes, antes e após a intervenção. Todas as respostas foram organizadas por categorias quanto ao tipo de respostas (Resposta A, Resposta B, Resposta C e assim por diante seguindo esta ordem). Analisaremos agora essas informações, por turma e por escola.

Começamos por analisar as informações recolhidas na *Escola A*, na qual responderam os questionários a *Turma Experimental A* e a *Turma Controlo A*.

Antes da intervenção pedagógica todos os alunos da *Turma A* (experimental e controlo) responderam a um questionário, de questões mistas (abertas e fechadas), o pré-teste, como já havíamos mencionado anteriormente, apresentamos nos quadros que se seguem algumas das questões com as respetivas respostas dos alunos agrupadas em categorias.

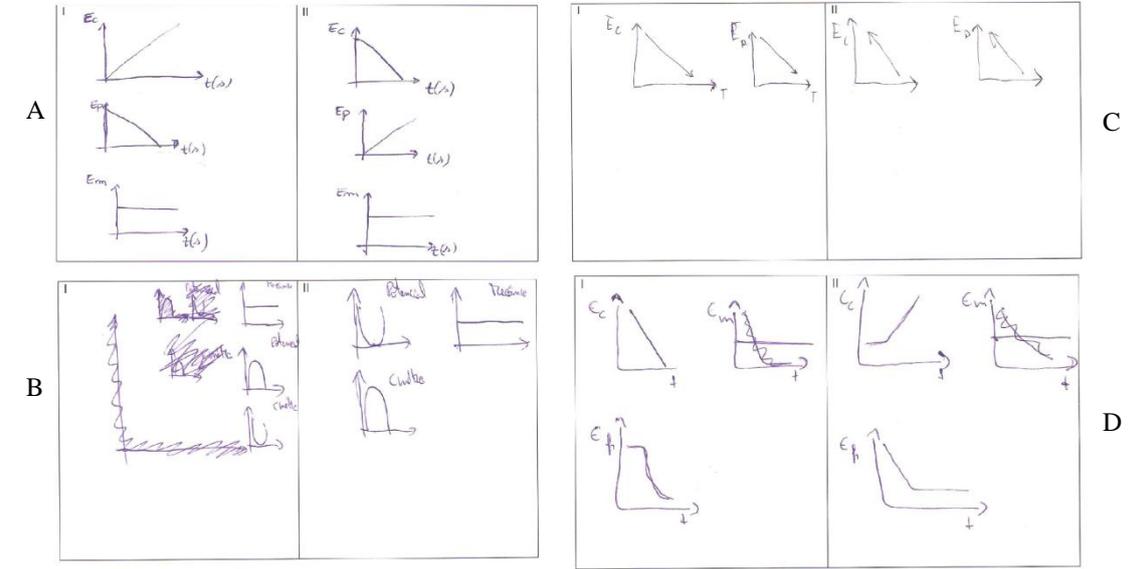
Quadro 3

Categorias de respostas dos alunos da *Turma A* à questão 14 do pré-teste.

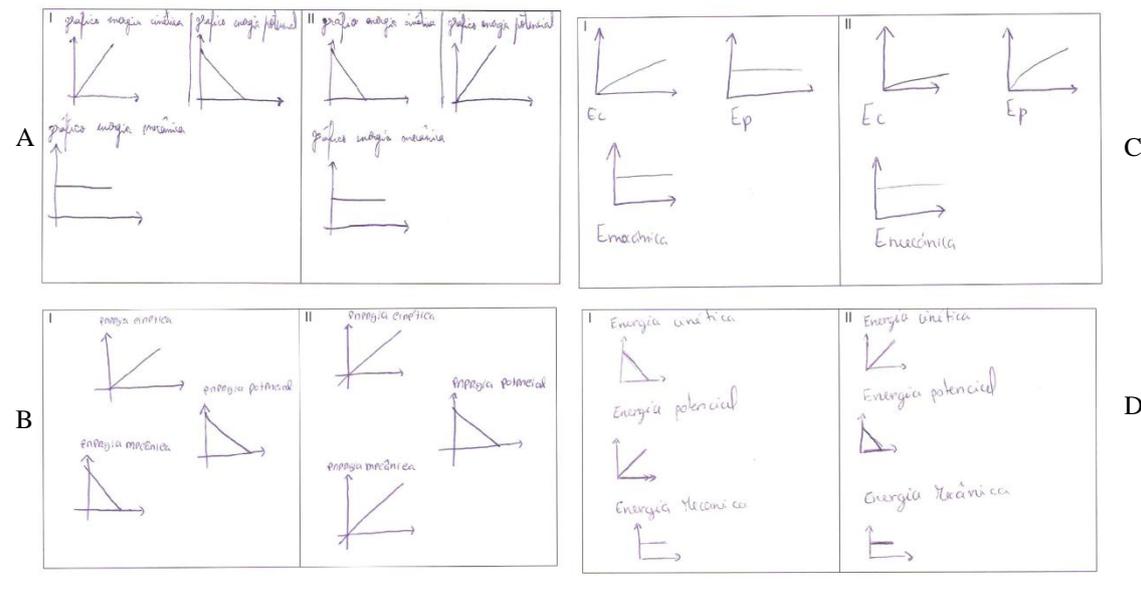


Faz o esboço dos seguintes gráficos: energia cinética, energia potencial e energia mecânica.

Categorias de respostas na Turma Experimental A:



Categorias de respostas na Turma Controlo A:



As categorias foram organizadas quanto ao tipo de respostas. Após a aplicação do pré-teste realizámos a primeira leitura nas respostas dadas pelos alunos no questionário, depois agrupámo-las por tipo de respostas e então definimos as categorias por resposta A, B, C e assim sucessivamente. Desta mesma maneira procedemos no questionário do pós-teste.

Abaixo, nas Tabelas 8 e 9, encontram-se as frequências das respostas agrupadas nas categorias.

Tabela 8

Categorias de respostas à questão 14 do pré-teste, *Turma Experimental A*

Categorias de resposta	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	5	22
B	3	13
C	14	61
D	1	4
<i>Total</i>	23	100,0

Da totalidade dos respondentes da *Turma Experimental A* ($N = 23$) nenhum aluno teve a resposta correta. Apenas 13% dos alunos (3) se aproximaram de uma resposta correta (categoria B), considerando as representações gráficas das energias cinética e potencial em função do tempo serem ramos de parábolas.

Tabela 9

Categorias de respostas à questão 14 do pré-teste, *Turma Controlo A*

Categorias de resposta	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	9	38
B	4	17
C	2	7
D	9	38
<i>Total</i>	24	100,0

As respostas dos alunos da *Turma Controlo A* ($N = 24$) mostram que 38% dos respondentes (9) conseguiram relacionar o movimento com as respetivas representações gráficas (categoria A), entretanto também não consideraram as representações não serem retas e sim ramos de parábolas e 62% (15) apresentaram ideias erradas sobre as representações. Sendo assim, como na *Turma Experimental A*, nenhum aluno acertou a resposta.

De acordo com a frequência de respostas em cada uma das categorias apresentadas, poucos alunos (*experimental A* e *controle A*) conseguiram aproximar-se de uma resposta correta e nenhum aluno formulou a resposta correta.

No Quadro 4 podemos observar nas categorias de respostas apresentadas pela *Turma Experimental A* muitas pré-concepções sobre o tema Energia, sendo que apenas 8 alunos (35%) da turma justificaram corretamente o fenômeno em causa (Tabela 10).

Quadro 4

Categorias de respostas dos alunos da *Turma A* à questão 16 do pré-teste.

Questão 16 – Uma criança desliza numa rampa aquática sobre uma piscina, acabando por cair nela: enquanto desce a rampa, e depois, quando cai no ar, o que acontece com a altura e com a velocidade? O que podemos concluir sobre a energia potencial gravítica? E sobre a energia cinética? Podemos afirmar que há transformação de energia? Justifique a sua resposta.

Categorias de respostas na *Turma Experimental A*:

- **A:** “A velocidade aumenta, a energia cinética diminui e a energia potencial gravítica é constante”.
- **B:** “A altura vai diminuindo e aumentando a velocidade. Podemos concluir que a energia potencial gravítica depende da altura e do peso. A energia cinética depende da velocidade. Não há transformação de energia neste caso”.
- **C:** “A altura diminui e a velocidade aumenta. A E_{pg} aumenta juntamente com a E_c ”.
- **D:** “A altura diminui e a velocidade aumenta. Logo, a energia potencial diminui e a energia cinética aumenta. A energia potencial gravítica transforma-se em energia cinética”.
- **E:** “A altura diminui, então a energia potencial gravítica também diminui, a velocidade vai aumentando na descida, então a energia cinética aumenta. As energias não se transformam”.
- **F:** “A energia potencial gravítica aumenta e a cinética diminui. Sim, porque a cinética transforma-se em potencial”.
- **G:** “A energia nunca se transforma. O que ocorre é que aumenta a energia cinética e diminui até zerar a energia potencial”.
- **H:** “Não sei explicar”.

Categorias de respostas na *Turma Controlo A*:

- **A:** “Podemos concluir que a velocidade aumenta e a energia cinética também”.
- **B:** “A altura diminui, a velocidade aumenta, a energia potencial gravítica diminui e a energia cinética aumenta. Sim, há transformação de energia, pois durante a descida a energia potencial gravítica transforma-se em energia cinética”.
- **C:** “A altura irá diminuir e a velocidade irá aumentar. A energia potencial gravítica irá diminuir e a cinética aumentar, pois está a descer”.
- **D:** “A altura diminui e a velocidade aumenta. A energia potencial gravítica aumenta. Não, porque a criança ao cair na água não transfere energia”.
- **E:** “A velocidade aumenta, logo a sua energia cinética também. A energia potencial gravítica também aumenta, pois há uma maior atração Terra-corpo e por isso há transformação de energia no momento em que o corpo desce”.
- **F:** “A altura diminui, bem como a velocidade, a energia potencial gravítica aumenta e a cinética diminui. Não há transformação”.
- **G:** “Há transformação de energia, pois quando a criança desliza na rampa a energia cinética é maior, mas quando cai no ar a energia potencial gravítica é maior”.
- **H:** “A energia não se destrói logo também não se transforma”.
- **I:** “Energia potencial diminui e energia cinética aumenta, não se transforma”.
- **J:** “Não sei”.

Tabela 10Categorias de respostas à questão 16 do pré-teste, *Turma Experimental A*

Categorias de resposta	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	1	4
B	1	4
C	3	13
D	8	36
E	5	22
F	1	4
G	1	4
H	3	13
<i>Total</i>	23	100,0

Na *Turma Controlo A* observam-se diferentes tipos de respostas sobre a transformação de energia, sendo que no total 34% dos alunos não consideram haver transformação para o fenómeno apresentado na questão e 18% dos alunos não responderam a questão (Tabela 11).

Tabela 11Categorias de respostas à questão 16 do pré-teste, *Turma Controlo A*

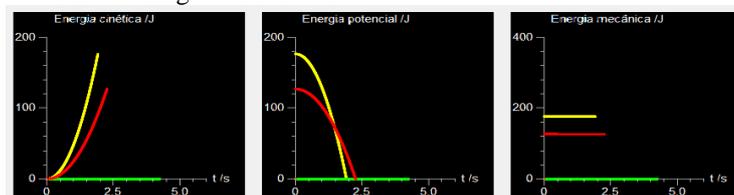
Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	2	8
B	5	22
C	3	12
D	1	4
E	1	4
F	2	8
G	1	4
H	2	8
I	3	12
J	4	18
<i>Total</i>	24	100,0

No Quadro 5 apresentamos as categorias de respostas dos alunos da *Turma A* à questão 17 do questionário aplicado antes da intervenção pedagógica.

Quadro 5

Categorias de respostas dos alunos da *Turma A* à questão 17 do pré-teste.

Questão 17 - Observe os gráficos abaixo:



O que podemos concluir sobre as variações das energias em função do tempo?

Categorias de respostas na *Turma Experimental A*:

- **A:** “Que a energia mecânica é constante”.
- **B:** “Há três corpos, um deles está parado, os outros dois estão em movimento, um mais rápido que o outro”.
- **C:** “ E_c aumenta, E_p diminui e E_m é constante. Logo, pode ser um corpo a descer um plano”.
- **D:** “Podemos concluir que com o aumento da energia cinética há a diminuição da potencial (proporcionalidade inversa). Como $E_m = E_p - E_c$, a energia mecânica mantém-se constante”.
- **E:** “A energia cinética aumenta ao longo do tempo, a energia potencial diminui ao longo do tempo e a energia mecânica mantém-se constante”.

Categorias de respostas na *Turma Controlo A*:

- **A:** “Menor tempo, menor energia cinética, logo, menor velocidade”.
- **B:** “Podemos concluir que se encontra num plano inclinado e a bola está a descer”.
- **C:** “Conforme o tempo vai aumentando, a variação de energia é maior”.
- **D:** “As variações das energias em função do tempo não variam muito, pois todos têm perto dos 200J e 2,5t”.
- **E:** “A energia cinética aumenta, a potencial diminui e a mecânica mantém-se constante ao longo do tempo”.

As respostas dadas pelos alunos da *Turma Experimental A* permitem-nos concluir que há uma limitação concetual de nível bastante elevado nesta turma (categorias A, B e E), os alunos conseguem descrever apenas o que está a ser visualizado nas imagens, sendo que 1 aluno (4% da turma) apresentou erradamente a definição da energia mecânica (Categoria D). Assim, para esta questão, apenas 9% conseguiram relacionar o gráfico apresentado com o movimento em questão (Tabela 12). Dificuldades surgem quando se pretende uma interpretação e descrição detalhada acerca do gráfico.

Tabela 12

Categorias de respostas à questão 17 do pré-teste, *Turma Experimental A*.

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	1	4
B	1	4
C	2	9
D	1	4
Resposta E	18	79
<i>Total</i>	23	100,0

Na *Turma Controlo A* também apenas 12% dos alunos relacionaram o gráfico com o seu respetivo movimento a representar na imagem, 72% descreveram apenas o que estava visível no gráfico (categoria E) e os demais (17% dos alunos) relacionaram o tempo com a energia cinética (Tabela 13).

Tabela 13

Categorias de respostas à questão 17 do pré-teste, *Turma Controlo A*.

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	1	4
B	3	12
C	2	8
D	1	4
E	17	72
<i>Total</i>	24	100,0

Após analisarmos as respostas dadas pelos estudantes inquiridos antes da intervenção pedagógica, chegamos às seguintes conclusões, quer para os alunos da *Turma Experimental A* quer para os alunos da *Turma Controlo A*:

- Tal como McDermott *et al.* (1987) concluíram nos seus estudos que nos alunos, quando sujeitos a extrair informação ou converter uma situação laboratorial num gráfico ou vice-versa, as dificuldades acentuam-se, aqui também foi observada esta dificuldade nas respostas à questão 14, em extrair a informação dum imagem e convertê-la num gráfico.

- Pré-concepções acerca do tema Energia são claramente observáveis, como por exemplo, na questão 16, nas respostas da *Turma Experimental A* (B, C, E, F e G) e nas respostas da *Turma Controlo A* (C, D, E, F, G, H e I), conforme mostram o Quadro 4 e as Tabelas 8 e 9.
- Dificuldades em interpretar e descrever detalhadamente os gráficos das energias apresentados na questão 17 - de acordo com McDermott *et al.* (1987) e Planinic *et al.* (2012), verificámos uma descrição concetual bastante limitada (Quadro 5 e Tabelas 10 e 11).
- Também concluímos que, embora na literatura a maioria dos estudos sobre as dificuldades dos alunos na construção, interpretação e descrição de gráficos, se centre no campo da Cinemática, concordamos com Nixon *et al.* (2016) que indicam que há desafios semelhantes com a construção de outros gráficos para a aprendizagem concetual, como verificamos na análise deste questionário.

A partir de agora apresentamos as informações recolhidas após a intervenção pedagógica, através das respostas dadas pelos alunos da *Turma Experimental A* e *Turma Controlo A* no questionário pós-teste.

Quadro 6

Categorias de respostas dos alunos da *Turma A* à questão 9 do pós-teste.

Questão 9 - Qual das opções abaixo (I ou II) descreve o movimento de subida de uma bola num plano inclinado? A posição inicial da bola corresponde a $h = 0$.

Justifica a tua resposta.

Categorias de respostas na *Turma Experimental A*:

- A: “II, pois à medida que a bola sobe em altura a sua energia cinética diminui proporcionalmente

<p>em relação ao aumento da energia potencial do corpo, sendo a energia mecânica constante”.</p> <ul style="list-style-type: none"> • B: “II porque a energia potencial aumenta com a altura, a energia cinética diminui”. • C: “II, pois como a altura aumenta a energia potencial aumenta, a energia cinética diminui, pois a bola está a perder velocidade durante a subida, e a energia mecânica mantém-se constante”. • D: “II, pois a altura está relacionada com a E_p, como está a aumentar a altura logo, aumenta a E_p. A E_c está a diminuir, pois a velocidade está relacionada com a E_c e na subida perde-se velocidade. E_m é constante”. • E: “É o gráfico II, pois à medida que se sobe num plano, ou seja, a altura aumenta, a energia potencial aumenta e a cinética diminui (trabalho resistente), a soma destas duas energias dá origem à energia mecânica”. • F: “II, pois a E_c diminui e a E_p aumenta, E_m é constante”. • G: “É a II, porque quando $h=0$ a E_p também é zero logo o corpo inicia o seu movimento com a E_c e esta ao longo do percurso vai diminuindo transformando-se em E_p. Como não há energia dissipativa a E_m é constante”.
<p>Categorias de respostas na Turma Controlo A:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A: “I, porque a bola a descer vai ganhando E_c e perde E_p. A E_m é constante”. • B: “É a I porque a energia cinética aumenta e a potencial diminui”. • C: “Em II a bola está a subir, pois a E_c diminui e a E_p aumenta, visto que a altura aumenta a potencial também aumenta logo a cinética diminui”. • D: “II porque a energia potencial aumenta ao longo da subida”. • E: “II, porque quando a bola sobe vai perdendo velocidade, chegando à altura máxima com energia potencial máxima e energia cinética nula”. • F: “É o II, pois numa subida a E_c diminui, a E_p aumenta e a E_m mantém-se constante”.

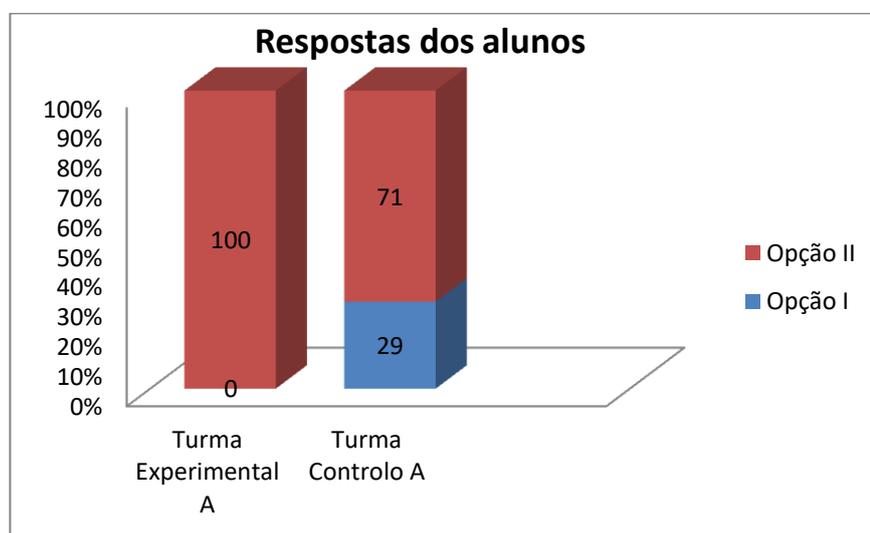
Tabela 14

Categorias de respostas à questão 9 do pós-teste, *Turma Experimental A*

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	1	4
B	4	18
C	7	31
D	3	13
E	1	4
F	6	26
G	1	4
<i>Total</i>	23	100,0

Tabela 15Categorias de respostas à questão 9 do pós-teste, *Turma Controlo A*

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	4	17
B	3	12
C	7	30
D	3	12
E	5	21
F	2	8
<i>Total</i>	24	100,0

**Gráfico 26** – Distribuição percentual por turma das categorias de respostas dos alunos à questão 9 do pós-teste.

Como podemos verificar na Tabela 14 e no Gráfico 26, após a *Turma Experimental A* receber o tratamento com o dispositivo pedagógico a totalidade (100%) dos alunos marcou a resposta certa (opção II) para esta questão, demonstrando também novas competências conceituais sobre o desenvolvimento do tema Energia. Já a *Turma Controlo A*, que não recebeu o tratamento, mas teve a mesma instrução do conteúdo trabalhando com os mesmos tipos de gráficos, apresenta certas pré-concepções e dificuldades de desenvolvimento conceitual, sendo que 29% da turma considerou ser a resposta correta a opção I, como podemos verificar na Tabela 15.

Na questão 13 (Quadro 7) os alunos da *Turma Experimental A* tiveram um melhor desempenho do que a *Turma Controlo A*, 78% dos alunos acertou na escolha da

resposta enquanto que na *Turma Controlo A* apenas a metade da turma (50%) acertou. Demonstraram ainda ter pré-concepções sobre a representação gráfica da energia cinética em função do tempo, considerando a curva que representaria a energia cinética ser uma reta e não ramos de parábola (45% dos alunos da *Turma Controlo A* e apenas 17% dos alunos da *Turma Experimental A*) (Gráfico 27).

Quadro 7

Categorias de respostas dos alunos da *Turma A* à questão 13 do pós-teste.

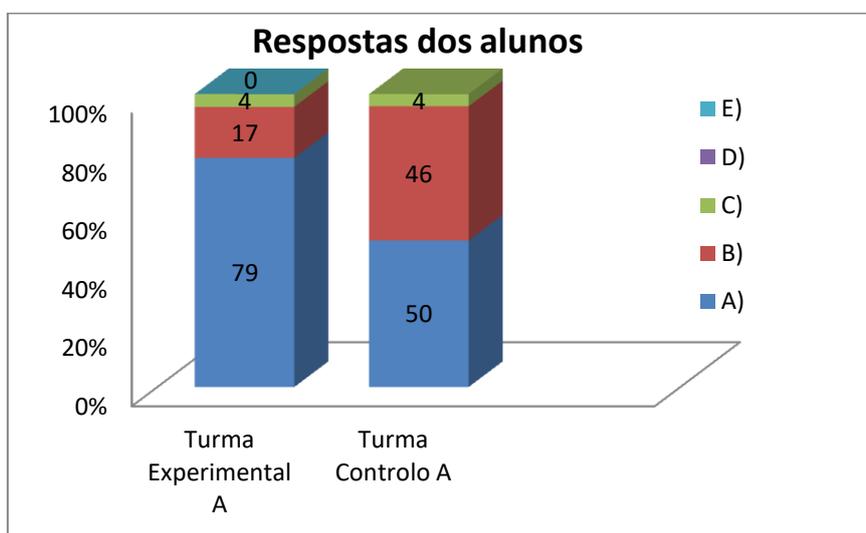
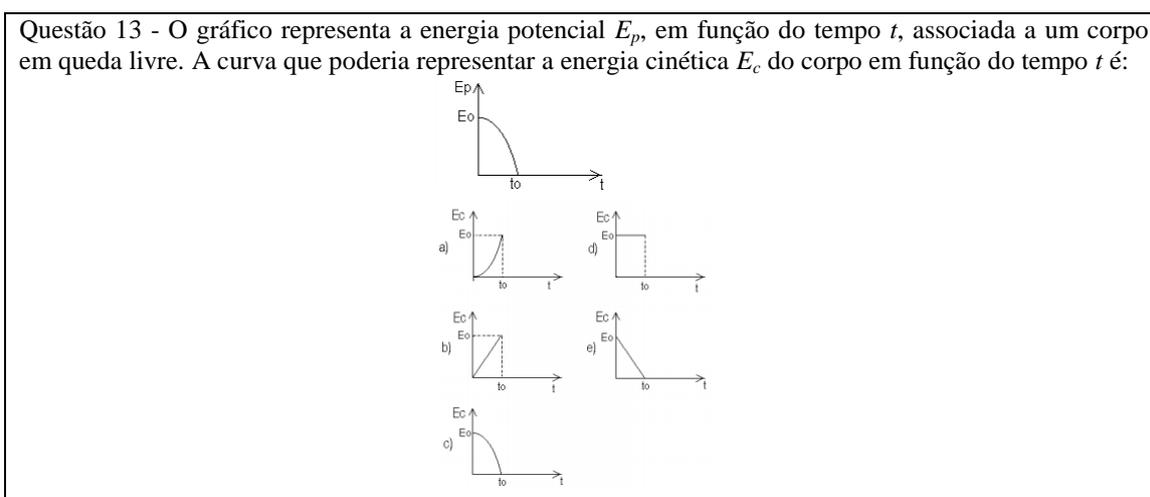


Gráfico 27 – Distribuição percentual por turma das categorias de respostas dos alunos à questão 13 do pós-teste.

Para finalizar as análises da *Turma A*, o Quadro 8 apresenta as respostas à questão 14, nas suas respetivas categorias (Tabela 16 e 17).

Quadro 8

Categorias de respostas dos alunos da *Turma A* à questão 14 do pós-teste.

Questão 14 - Considere uma esfera nas seguintes situações (desconsidere o atrito):
 I. A subir um plano inclinado
 II. A descer um plano inclinado
 III. Em queda livre
 IV. Em movimento horizontal constante

Faça uma análise de cada uma destas situações destacando o que podemos concluir sobre a velocidade e sobre as energias.

Categorias de respostas na Turma Experimental A:

<p>I. A velocidade diminui e a energia potencial aumenta e a cinética diminui</p>		<p>II. A velocidade aumenta e a energia potencial diminui e a cinética aumenta</p>	
<p>III. A velocidade aumenta e a cinética aumenta e a potencial diminui</p>		<p>IV. A velocidade é constante e a potencial é nula e a cinética é constante</p>	
<p>I. - A velocidade vai diminuindo. - A e. cinética transforma-se em e. potencial.</p>		<p>II. - A velocidade vai aumentando. - A e. potencial transforma-se em e. cinética.</p>	
<p>III. - A velocidade vai aumentando. - A e. potencial transforma-se em e. cinética.</p>		<p>IV. - A velocidade é constante - Há energia cinética - Não há energia potencial</p>	

Categorias de respostas na Turma Controlo A:

<p>I. A E_p diminui e a E_k aumenta, sendo que a E_m diminui e a velocidade também irá diminuir</p>		<p>II. A E_p diminui e a E_k aumenta, e a velocidade também aumenta</p>	
<p>III. tudo se mantém igual.</p>		<p>IV. tudo se mantém constante</p>	
<p>I. velocidade ↓ Energia Cinética ↓ Energia Potencial ↓ Energia Mecânica constante</p>		<p>II. velocidade ↑ E_p ↓ E_m constante</p>	
<p>III. velocidade ↑ E_k ↑ E_p ↓ E_m constante</p>		<p>IV. velocidade ↑ E_k ↑ $E_p = 0$ E_m ↓</p>	
<p>I. quando se sobe, num plano inclinado, a energia potencial vai aumentando, e a energia cinética diminui. como a energia cinética depende da velocidade do corpo, a velocidade vai diminuir ao longo do percurso.</p>		<p>II. quando se desce, a altura vai sendo cada vez mais pequena, pelo que a energia potencial também diminui. por isso, essa energia converte-se em energia cinética e como esta depende da velocidade, esta aumenta.</p>	
<p>III. A velocidade aumenta.</p>		<p>IV. A velocidade mantém-se constante.</p>	

Nas respostas da *Turma Experimental A* nesta questão é possível observar que os alunos conseguiram entender bem o tema Energia, principalmente em relacionar o

fenómeno com a sua representação gráfica (Tabela 16): 52% da turma analisou as situações apresentadas na questão em termos gráficos, mostrando que obteve novos conhecimentos acerca das representações das energias cinética e potencial em função do tempo serem ramos de parábolas, e não retas como as traçavam anteriormente.

Tabela 16

Categorias de respostas à questão 14 do pós-teste, *Turma Experimental A*.

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	12	52
B	6	26
C	3	13
D	2	9
<i>Total</i>	23	100,0

Nas respostas dos alunos da *Turma Controlo A* podemos verificar muitas pré-concepções ainda persistentes e um desenvolvimento concetual ainda limitado, sendo que apenas 50% dos alunos conseguiram justificar corretamente os movimentos em questão.

Tabela 17

Categorias de respostas à questão 14 do pós-teste, *Turma Controlo A*

Categoria	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	3	12
B	5	21
C	12	50
D	4	17
<i>Total</i>	24	100,0

Após a análise das respostas dos alunos no questionário pós-intervenção, onde somente a Turma Experimental A recebeu o tratamento, como já mencionámos, foi possível concluirmos que:

- É evidente a melhoria no desenvolvimento concetual da *Turma Experimental A*, na qual as respostas utilizaram diferentes linguagens para comunicar o fenómeno

físico (J. B. Lopes, 2004). Observamos também a mudança conceitual ocorrida (Duit & Treagust, 2003), novos conceitos foram trabalhados sobre as pré-concepções (Ishimoto, 2010) já que os alunos não mais apresentaram as pré-concepções detetadas no primeiro questionário sobre o tema energia.

- Ainda são observáveis algumas pré-concepções resistentes (Peduzzi *et al.*, 1992), mesmo após a instrução na *Turma Controlo A*, influenciando assim a forma como os conceitos do tema energia são encarados (Foisy *et al.*, 2015).
- As dificuldades na análise e interpretação dos dados apresentadas no primeiro questionário pelas duas turmas inquiridas já não são observáveis em grande número na *Turma Experimental A*, onde a maioria dos alunos já considerou o gráfico da energia cinética ser uma parábola e não uma reta. Entretanto, na *Turma Controlo A* esta mudança não foi considerável, pois 50% da turma ainda apresentou esta dificuldade.

Apresentamos agora as informações recolhidas antes da intervenção pedagógica na *Turma B (Turma Experimental B e Turma Controlo B)*.

Quadro 9

Categorias de respostas dos alunos da *Turma B* à questão 11 do pré-teste.

<p>Questão 11 - Analisa e descreve, em termos físicos, a imagem abaixo:</p> 
<p>Categorias de respostas na <i>Turma Experimental B</i>:</p> <p>A: “Uma bola desce uma rampa primeiro. Depois permanece em repouso num plano e a seguir sobe um plano inclinado”.</p> <p>B: “Na primeira parte a bola está a descer um plano inclinado e o módulo da velocidade vai aumentando. As forças a atuar são a normal e o peso, sendo este último decomposto em uma componente no eixo Ox e outra no eixo Oy. Na segunda parte a bola está a movimentar-se num plano horizontal com um movimento retilíneo uniforme. As forças a atuar são as mesmas, mas não há P_x e P_y. Na terceira parte a bola está a subir um plano inclinado e o módulo da velocidade vai diminuindo. As forças a atuar são iguais à do movimento da primeira parte até as componentes do peso”.</p> <p>C: “1º o \vec{v} aumenta pelo que a bola tem um movimento retilíneo uniformemente acelerado. 2º o \vec{v} é constante pelo que a bola tem um movimento retilíneo e uniforme. 3º o \vec{v} diminui pelo que a bola tem um movimento retilíneo uniformemente retardado”.</p>
<p>Categorias de respostas na <i>Turma Controlo B</i>:</p> <p>A: “No movimento de descida da bola, $N = Py$ e o $W\vec{N} = 0J$. Neste caso, o módulo da velocidade aumenta logo a energia cinética também aumenta. O movimento é retilíneo uniformemente acelerado e, portanto, o vetor aceleração tem o mesmo sentido do vetor velocidade, $W\vec{P} > 0$. No movimento</p>

horizontal, $W\vec{P} = W\vec{N} = 0J$ pois são forças \perp ao vetor deslocamento e estamos perante um movimento retilíneo uniforme pois o $|\vec{v}|$ é constante. No movimento de subida da bola, $N = Py$ e $W\vec{N} = 0J$, mas, neste caso estamos perante um movimento retilíneo uniforme retardado pois $|\vec{v}|$ diminui (e, portanto, o valor da energia cinética também diminui). O vetor aceleração tem sentido oposto ao vetor velocidade, $v_f = 0m/s$ e $W\vec{P} < 0$ ”.

B: “A bola ao descer a rampa, tem movimento retilíneo uniformemente acelerado, ou seja, a aceleração é constante e o $|\vec{v}|$ aumenta. Depois quando a bola se desloca na superfície horizontal, tem movimento retilíneo uniforme se $|\vec{v}|$ constante ou retilíneo uniformemente acelerado se $|\vec{v}|$ aumenta. Quando a bola sobe a rampa, tem movimento retilíneo uniformemente retardado, pois a aceleração é constante e $|\vec{v}|$ diminui”.

C: “Na descida da rampa a força do peso tem uma componente que realiza um trabalho potente, que é P_x , durante o movimento horizontal a força resultante é 0 porque a normal e o peso, as únicas forças que atuam na bola, anulam-se. E na subida a componente P_x do peso realiza um trabalho resistente”.

Nas respostas da *Turma Experimental B* (Tabela 18), 17% dos alunos (2) apenas descreveu o que estava explícito na imagem, ou seja, o movimento que a bola está a fazer, 75% dos alunos (9) descreveu o tipo de movimento e como se comporta a velocidade em cada situação apresentada na figura, e apenas 1 aluno (8%) conseguiu realizar uma melhor análise da figura descrevendo assim mais aspetos relacionados a ela, caracterizando o tipo de movimento o que acontece com a velocidade e também as forças que estão a atuar em cada situação.

Tabela 18

Categorias de respostas à questão 11 do pré-teste, *Turma Experimental B*.

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	2	17
B	1	8
C	9	75
<i>Total</i>	12	100,0

Na *Turma Controlo B* é possível observar o desenvolvimento concetual de nível mais elevado em relação à outra turma participante, do total de alunos desta turma 33,3% conseguiram realizar uma melhor análise da imagem apresentada na questão, caracterizaram as forças que estão a atuar em cada situação, relacionaram a variação da velocidade com o comportamento da energia cinética, analisaram o trabalho das forças normal e peso, a aceleração e o tipo de movimento. Outros 40% da turma descreveram o

tipo de movimento para cada situação e como se comporta a aceleração e a velocidade. Os demais 4 alunos (27%) analisaram cada movimento com as forças a atuar e o tipo de movimento em questão (Tabela 19).

Tabela 19

Categorias de respostas à questão 11 do pré-teste, *Turma Controlo B*.

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	5	33
B	6	40
C	4	27
<i>Total</i>	15	100,0

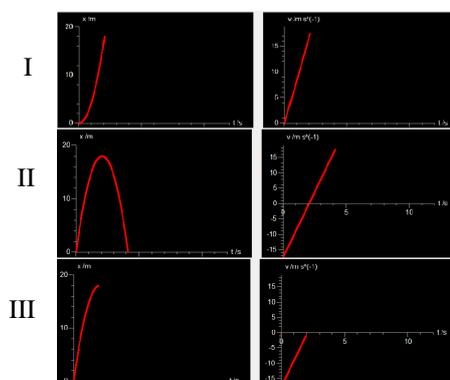
Podemos perceber as diferenças nas aprendizagens conceituais de cada turma, sendo assim necessário e concordando com o que foi descrito na entrevista da *Professora B*, uma maior exploração dos conteúdos na *Turma Experimental B*.

Na questão 14 apresentada no Quadro 10 abaixo, apresentamos as representações gráficas da posição e velocidade em função do tempo, com o objetivo que os estudantes descrevessem o movimento em questão caracterizando também o tipo de movimento.

Quadro 10

Categorias de respostas dos alunos da *Turma B* à questão 14 do pré-teste.

Questão 14 - Observa os pares dos gráficos abaixo, posição-tempo e velocidade-tempo, (I, II e III):



Quais as informações que podem ser obtidas a partir de I, II e III? (Considera todos os movimentos num plano inclinado).

Categorias de respostas na Turma Experimental B:

A: “A partir de I, observa-se que a bola está a descer o plano com movimento retilíneo uniformemente acelerado, a partir de II observa-se que a bola nos primeiros 4s de movimento está a mover-se no sentido positivo da trajetória, mas com módulo da velocidade a diminuir, movimento retilíneo uniformemente retardado e depois a bola passa a se mover no sentido negativo e o seu módulo da velocidade aumenta, movimento retilíneo uniformemente acelerado. Em III a bola move-se no sentido positivo da trajetória, mas com o módulo da velocidade a diminuir, logo a bola descreve um movimento retilíneo uniformemente retardado”.

B: “I – corpo descreve um movimento retilíneo uniformemente acelerado, ao longo de todo o percurso e a sua velocidade aumenta. II – o corpo descreve um movimento retilíneo uniformemente retardado, depois em $t = 2s$ inverte o sentido e com um M.R.U. acelerado. III – o corpo desloca-se com um M.R.U. acelerado e depois pára em $t = 2s$ ”.

Categorias de respostas na Turma Controlo B:

A: “Nos gráficos da figura I podemos observar um corpo com um movimento retilíneo uniformemente acelerado e está sempre no sentido positivo da trajetória. No gráfico da figura II podemos observar um corpo que num primeiro instante está no sentido positivo da trajetória com um movimento retilíneo uniformemente retardado na posição 18m esteve em repouso e a partir daí tem um movimento retilíneo uniformemente acelerado. No gráfico III observa-se um corpo com um movimento retilíneo uniformemente retardado até chegar aos 18m e fica em repouso”.

B: “I a velocidade aumenta e não há inversão do movimento. II a velocidade aumenta e há inversão do sentido do movimento. III a velocidade diminui e não há inversão”.

C: “Em I, estamos perante um movimento de descida de uma bola, pois $|\vec{v}|$ aumenta e as posições vão aumentando. Em II, estamos perante um movimento de subida (realizado no sentido negativo do movimento) seguido do movimento de descida, havendo um instante em que a velocidade é nula, quando há inversão de sentido. Em III, estamos perante o movimento de subida pois $|\vec{v}|$ diminui”.

Tabela 20

Categorias de respostas à questão 14 pré-teste, Turma Experimental B.

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	2	17
B	10	83
<i>Total</i>	12	100,0

Tabela 21

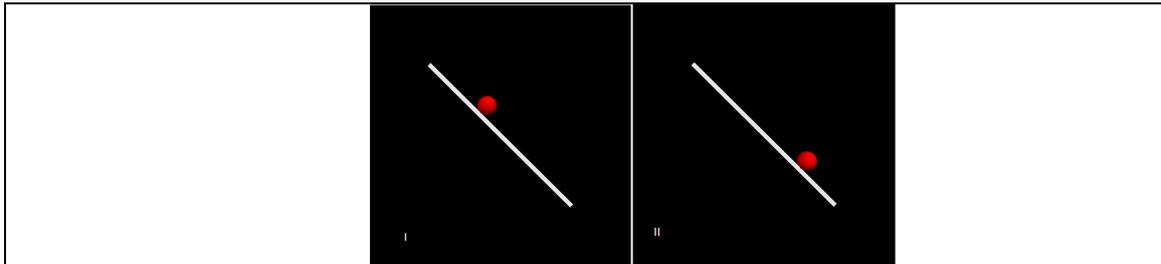
Categorias de respostas à questão 14 do pré-teste, Turma Controlo B.

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	3	20
B	2	13
C	10	67
<i>Total</i>	15	100,0

Quadro 11

Categorias de respostas dos alunos da Turma B à questão 15 do pré-teste.

Questões 15 - As figuras seguintes representam as posições ocupadas por uma bola em movimento no plano inclinado, em I a posição inicial da bola é no início do plano e, em II a posição inicial da bola é no final do plano. As bolas estão em movimento sobre o plano, em I a descer e em II a subir.

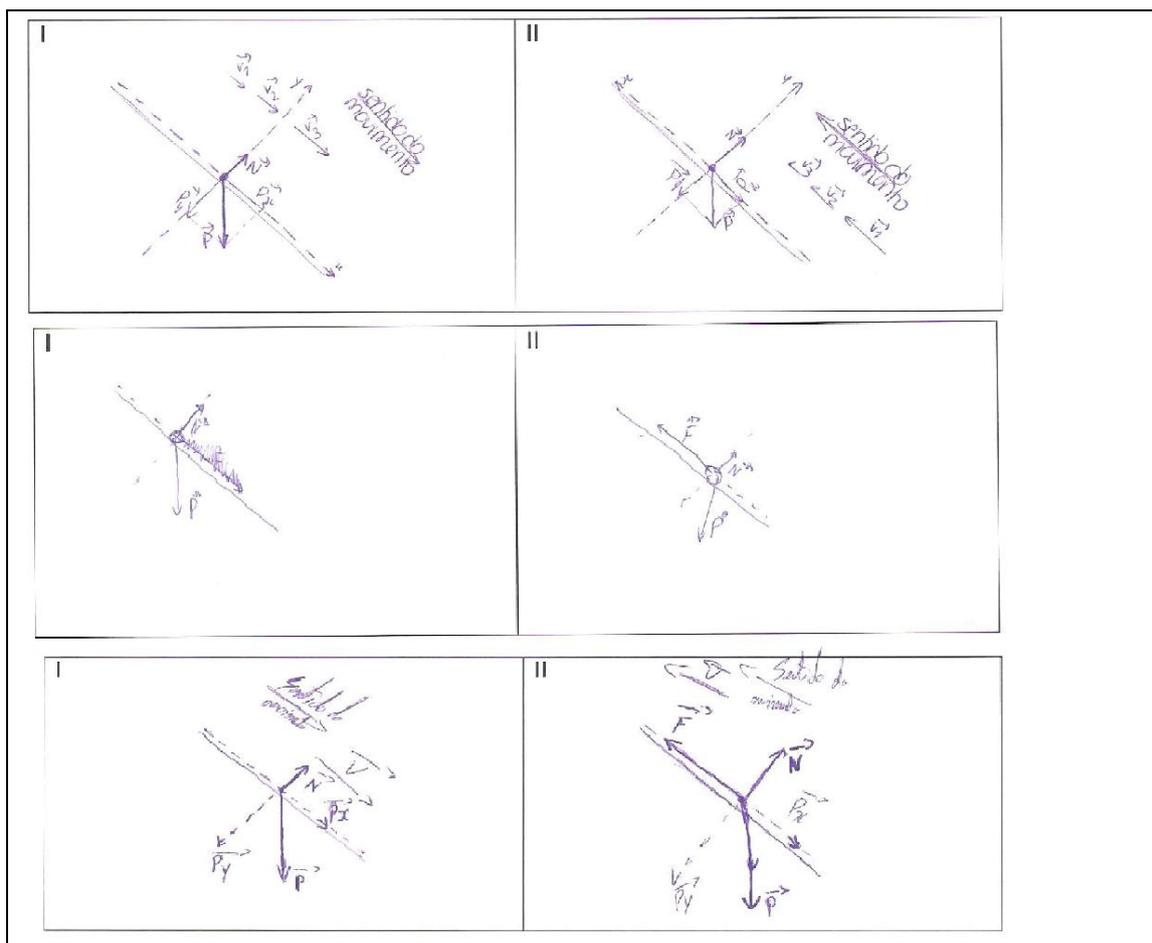


Faz a representação geométrica dos vetores em ambas as situações.

Categorias de respostas na Turma Experimental B:

A		II	
B		II	
C		II	
D		II	
E		II	

Categorias de respostas na Turma Controlo B:

**Tabela 22**

Categorias de respostas à questão 15 do pré-teste, *Turma Experimental B*

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	2	18
B	4	33
C	4	33
D	1	8
E	1	8
<i>Total</i>	12	100,0

Tabela 23

Categorias de respostas à questão 15 do pré-teste, *Turma Controlo B*

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	3	20
B	1	7
C	7	47
D	4	26
<i>Total</i>	15	100,0

Em relação às respostas apresentadas pelos alunos inquiridos das duas turmas (*Experimental B* e *Controlo B*) foi possível chegarmos às seguintes conclusões:

- A exploração e descrição da imagem apresentada na questão 11 (Quadro 9) foi bastante limitada nas duas turmas, embora a *Turma Controlo B* tenha explorado bem mais que a outra turma, ainda observámos um baixo desenvolvimento concetual e gráfico da imagem. A *Turma Experimental B* limitou-se a descrever somente em relação à descrição do movimento, já a *Turma Controlo B* além da descrição do movimento, descreveu também em termos energéticos.
- À solicitação de que fizessem a análise, interpretação e descrição do movimento descrito no gráfico da questão 14 (Quadro 10), os alunos da *Turma Experimental B* em nenhuma das suas respostas descrevem o sentido do movimento quanto à trajetória, limitando-se assim à interpretação do gráfico (McDermott *et al.*, 1987), entretanto o mesmo não foi observado na *Turma Controlo B*, onde foram melhor exploradas as informações extraídas dos gráficos.
- Na questão 15 (Quadro 11) identificámos algumas pré-concepções nas representações vetoriais, um tema da Física que apresenta bastantes dificuldades concetuais pelos alunos como, por exemplo, na *Turma Experimental B* consideraram o vetor força de atrito ter o mesmo sentido do movimento e quanto ao tamanho relativo dos vetores, que foi desconsiderado por alguns alunos, também limitaram-se a representar os vetores velocidade e aceleração. Na *Turma Controlo B* também se observaram dificuldades na representação vetorial e também pré-concepções, como por exemplo a existência de uma força na direção do movimento (J. B. Lopes, 2004).

Para finalizar esta seção, apresentamos as informações recolhidas após a intervenção pedagógica, através das respostas dadas pelos alunos (*Turma Experimental B* e *Turma Controlo B*) nos questionários.

Quadro 12

Categorias de respostas dos alunos da *Turma B* à questão 10 do pós-teste.

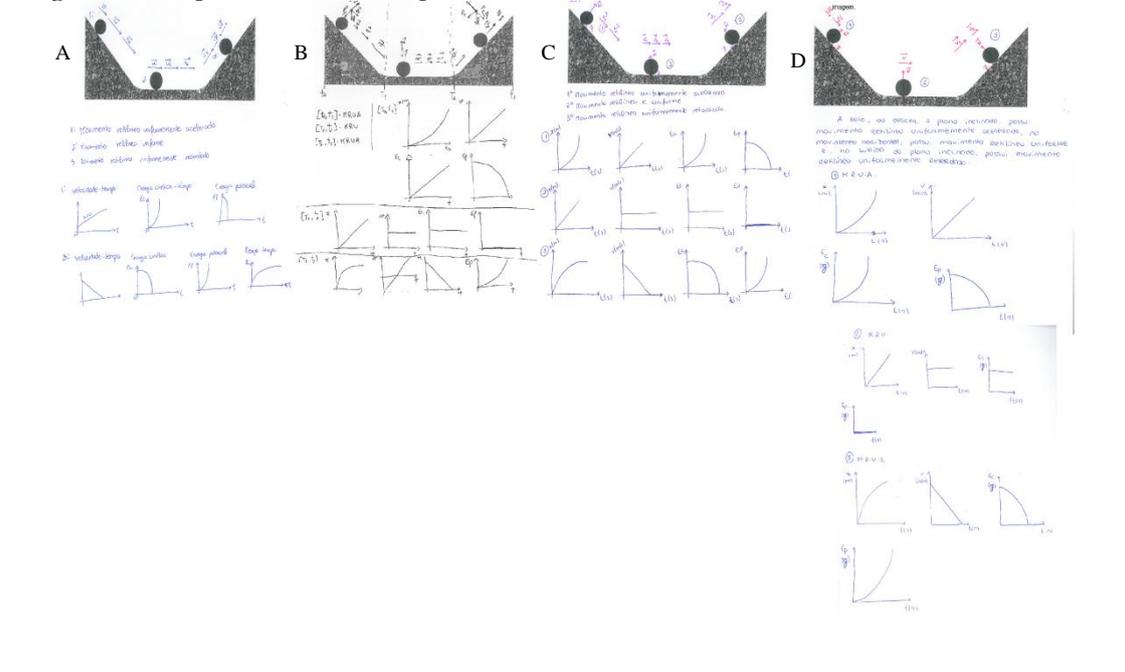
Questão 10 - Descreve a imagem abaixo, considerando que primeiramente a bola encontra-se a descer o plano inclinado, após em movimento na horizontal e de seguida a subir o plano inclinado, despreza a existência do atrito no plano:

- Classifica os movimentos em questão;
- Faz o esboço dos gráficos da posição-tempo, velocidade-tempo, energia cinética-tempo, energia

- potencial-tempo;
- Esboça o vetor velocidade e os diagramas das forças;
- Acrescenta todas as informações que achares pertinente à descrição da imagem.

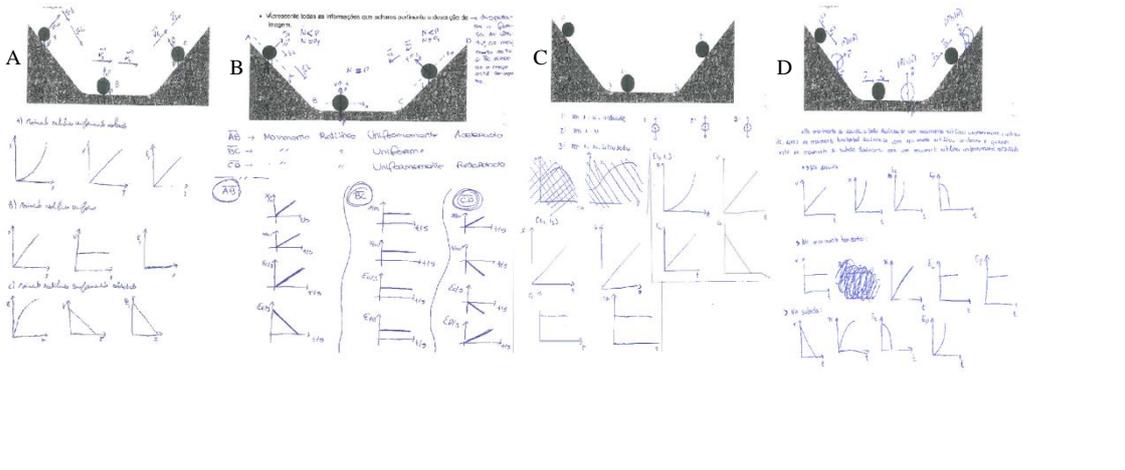


Categorias de respostas na Turma Experimental B:



The student work for Turma Experimental B is divided into four categories (A, B, C, D). Each category includes a diagram of the ball on the curved surface and corresponding graphs for position-time ($x(t)$), velocity-time ($v(t)$), and acceleration-time ($a(t)$). Category A shows a ball moving up a slope. Category B shows a ball at the bottom of the curve. Category C shows a ball moving down a slope. Category D shows a ball at the top of the curve. The graphs show various shapes, including linear, parabolic, and constant lines, representing different stages of motion.

Categorias de respostas na Turma Controlo B:



The student work for Turma Controlo B is divided into four categories (A, B, C, D). Each category includes a diagram of the ball on the curved surface and corresponding graphs for position-time ($x(t)$), velocity-time ($v(t)$), and acceleration-time ($a(t)$). Category A shows a ball moving up a slope. Category B shows a ball at the bottom of the curve. Category C shows a ball moving down a slope. Category D shows a ball at the top of the curve. The graphs show various shapes, including linear, parabolic, and constant lines, representing different stages of motion. The work is more detailed than the experimental group, with more annotations and a larger number of graphs.

Na Tabela 24 podemos verificar a frequência das respostas dadas pelos alunos da *Turma Experimental B* e observamos que apenas 1 aluno (8%) representou de maneira incorreta a inclinação do gráfico posição-tempo para a primeira situação da

imagem, os demais alunos (11) realizaram corretamente as representações gráficas e vetoriais.

Tabela 24

Categorias de respostas à questão 10 do pós-teste, *Turma Experimental B*.

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	1	8
B	4	33
C	7	59
<i>Total</i>	12	100,0

Entretanto, na *Turma Controlo B* apenas 2 alunos (13%) fizeram a representação correta dos gráficos, os demais alunos (13) apresentaram pré-concepções incorretas quanto ao tipo de gráfico das energias cinética e potencial, da posição e da velocidade em função do tempo (Tabela 25).

Tabela 25

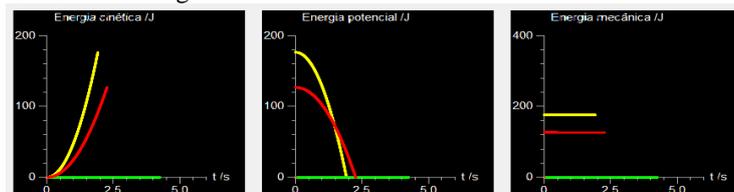
Categorias de respostas à questão 10 do pós-teste, *Turma Controlo B*.

Categorias de resposta	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	6	40
B	4	27
C	3	20
D	2	13
<i>Total</i>	15	100,0

Quadro 13

Categorias de respostas dos alunos da *Turma B* à questão 13 do pós-teste.

Questão 13 - Observa os gráficos abaixo:



O que podemos concluir sobre as variações das energias em função do tempo?

Categorias de respostas na *Turma Experimental B*:

A: “A energia cinética está a aumentar, a energia potencial a diminuir e a energia mecânica é constante (amarelo e vermelho), logo está a descer um plano inclinado, na representação em verde o corpo está

parado”.

B: “A E_c está a aumentar, E_p a diminuir e E_m é constante”.

C: “Na curva amarela e vermelha a bola está a descer um plano inclinado, num movimento retilíneo uniformemente acelerado com o $|\overline{v}|$ a aumentar com isso a E_c aumenta e a E_p diminui pois está a diminuir a altura, houve alteração na inclinação do plano em relação ao solo. A E_m é constante nas duas curvas. Na representação em verde a bola está parada no plano com isso não há transformação de energias, pois as energias cinética e potencial são nulas”.

Categorias de respostas na Turma Controlo B:

A: “A energia cinética está a aumentar, a potencial a diminuir e a mecânica constante”.

B: “Na representação em verde o corpo está parado, na amarela e na vermelha o corpo encontra-se a descer um plano inclinado”.

Nas respostas apresentadas pela *Turma Experimental B* 17% dos alunos ainda se limitaram à descrição dos gráficos (categoria B), chegando a desconsiderar as informações contidas na linha em verde e 67% da turma realizaram uma interpretação mais detalhada, descrevendo melhor as informações relativas aos gráficos.

Tabela 26

Categorias de respostas à questão 13 do pós-teste, *Turma Experimental B*.

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	2	17
B	2	17
C	8	67
<i>Total</i>	12	100,0

Nas respostas apresentadas pela *Turma Controlo B*, a maioria dos alunos (60%) não interpretaram corretamente os gráficos, realizando assim uma descrição bastante limitada e desconsiderando aspetos relevantes como, por exemplo, a linha representada a verde.

Tabela 27

Categorias de respostas à questão 13 do pós-teste, *Turma Controlo B*.

Categorias de respostas	Frequência absoluta	Frequência relativa
A	9	60
B	6	40
<i>Total</i>	15	100,0

Após analisarmos as respostas ao questionário aplicado após a intervenção pedagógica às Turmas B (*Experimental* e *Controlo*) chegamos a algumas conclusões, a saber:

- Novos conceitos foram construídos sobre as pré-concepções apresentadas no pré-teste da *Turma Experimental B*, como proposto por Ishimoto (2010), ocorrendo assim uma mudança concetual (Duit & Treagust, 2003). No pós-teste os alunos caracterizaram corretamente o tipo de movimento em questão, representaram os vetores obedecendo ao tamanho relativo. Representaram corretamente os gráficos das energias cinética e potencial, da velocidade e da posição.
- Na *Turma Controlo B* observam-se dificuldades na representação gráfica, quanto ao tipo de gráfico e ao declive, erros nas determinações das inclinações e dificuldade de converter a informação extraída na imagem para o gráfico (McDermott *et al.* 1987; Beichner, 1994). Também demonstraram em suas respostas pré-concepções sobre o tamanho relativo dos vetores.
- O conteúdo da questão 13 (Quadro 13) pertence à matriz curricular do 10º ano porém, foi novamente trabalhado de forma a consolidar os conhecimentos neste ano letivo e os testes teriam questões dos dois anos de escolaridade (10º e 11º). Diante disso, na intervenção do 11º ano também foi abordado o tema energia e, conseqüentemente, questões deste tema encontram-se no questionário aplicado aos alunos. Analisando as respostas concluímos que os alunos que receberam o tratamento, ou seja, trabalharam com o dispositivo pedagógico, tiveram um melhor desempenho na elaboração da resposta, descrevendo com mais detalhe a informação que estava sendo transmitida nos gráficos.

5.6 Percepções sobre o simulador computacional

Resultados das entrevistas às professoras

Como já referimos no Capítulo 3, as professoras foram entrevistadas em dois momentos diferentes, antes e depois da intervenção. As informações recolhidas antes nos guiaram para o planeamento e a elaboração do dispositivo pedagógico. Apresentamos em seguida os resultados referentes à entrevista que ocorreu antes da

intervenção, onde as opiniões das professoras entrevistadas apontam para duas ideias principais sobre o uso de simuladores computacionais em sala de aula:

- há muitos simuladores disponíveis para uso em sala de aula, entretanto a maior parte não foi elaborado por um profissional da Educação;
- os manuais de Física trazem animações e simulações computacionais de apoio ao professor, porém são bastante limitados pedagogicamente.

Apresentamos agora alguns excertos das entrevistas realizadas às professoras que justificam e ilustram as ideias acima destacadas.

A *Professora A* utiliza simulações computacional em alguns momentos de sua aula e considera ser um recurso que “auxilia na aprendizagem dos alunos, pois eles conseguem visualizar os acontecimentos, de modo diferente do que acontece ao visualizar a imagem somente no manual impresso”. Considera que os alunos sentem-se mais motivados quando ela traz as simulações para a aula: “eles envolvem-se mais, questionam mais e até discutem os resultados”. Nas palavras desta professora:

“Há muita coisa disponível na *Internet* para ensinar os conteúdos de Física. Entretanto eu consigo observar que a grande maioria não foi pensada por um profissional da Educação, um professor, sabe? (...) e são simulações em inglês, o que dificulta muito para mim, com muita informação, o que acaba por desviar o foco (...), eu vejo que são limitados pedagogicamente e não vêm acompanhados de um roteiro de exploração (...). Os manuais que adotamos também trazem algumas animações e simulações, eu uso-os nas minhas aulas, alguns, não todos, pois além de trazerem muita informação numa só tela, a maioria eu não consigo interromper (...), eu tento usar sempre que possível, mas às vezes é difícil achar um simulador tal qual como eu preciso para explorar um conteúdo.”

Segundo esta professora, para que o professor utilize uma simulação “primeiro é preciso explorá-la muito bem e ver que o simulador é uma mais-valia para as aprendizagens dos alunos, caso contrário é só para dizer que eu uso as tecnologias”. Para ela essa é uma limitação, pois é preciso tempo para essa exploração e análise.

A *Professora B* não utiliza simulação computacional nas suas aulas e não acredita que este recurso vá potencializar aprendizagens nos seus alunos. Segundo esta professora:

“Eu não preciso de um simulador para que meus alunos aprendam, olhe (...) há muita coisa por aí, mas um bom simulador é difícil de acharmos, eles são muito poluídos, entende? os alunos prestam mais atenção ao simulador do que à própria simulação (...), trazem demasiadas informações numa só tela, são programados por pessoas que não estão em sala de aula em contato com os alunos (...) muitos deles apresentam os valores das variáveis, poucos exploram os conceitos, não trazem junto sugestões para exploração, tipo um guião, eu penso assim, não vejo mais-valia na utilização deles, não tenho grande interesse (...). Nos manuais até vêm algumas simulações e também vídeos de animações, eu também não as utilizo (...) sabe qual o grande problema delas é que não se pode parar quando eu quero, a simulação tem de parar a qualquer momento, eu interromper uma atividade e fazer prever, isso sim é uma mais-valia.”

Observando as respostas dadas pelas professoras, estas concordam que há muitos simuladores computacionais disponíveis para o uso em sala de aula, mas, por outro lado, um dos grandes problemas com que os professores se deparam é a carência de sugestões de exploração didática adequada, que tornem o seu uso em verdadeiras ferramentas de ensino e aprendizagem (Paiva & Alves da Costa, 2005).

Após o tratamento nas turmas experimentais *A* e *B* foram entrevistadas novamente as professoras com o objetivo de obter informações sobre os processos e resultados da intervenção. Destacamos aqui, mais uma vez, que até chegar ao momento da intervenção muitas foram as sessões de trabalho envolvendo as professoras no planeamento e programação do simulador, na elaboração do guião de atividades, nas sessões de formação e por fim na intervenção, portanto, as informações recolhidas e apresentadas abaixo dizem respeito a este processo.

Sobre o uso do simulador computacional na intervenção, afirma a *Professora A*:

“Eles gostaram e eu também. Eles poderem visualizar os vetores no movimento, ver as forças constantes e o vetor velocidade aumentando e diminuindo ficou retido neles. Ali no plano eles conseguiram perceber bem, testar as ideias, foi marcante para eles (...). Por mais que não estivessem habituados a trabalhar com gráficos em função do tempo, isso não foi um problema,

eles perceberam muito bem os gráficos das energias, e isto não só na resolução de atividades que fizemos na outra aula, mas também pude verificar nos testes, teve só um ou dois que manteve a nota anterior, os demais subiram (...). O facto de poder ser interrompida a simulação é muito bom, o que não acontece com as outras que eu costumo utilizar (...), senti que pude desenvolver bem mais o conteúdo, utilizando o mesmo tempo que uma aula normal (...), as pré-concepções foram bem trabalhadas na simulação, viste que no início da aula, na primeira atividade proposta eles afirmaram que na descida de uma rampa a energia potencial aumenta, eu já havia explicado isso em aulas anteriores, mas a grande maioria ainda cometia esse erro, foi gratificante vê-los a perceber esse erro durante a simulação e as expressões que faziam, foi bom (...). Vou dizer que estava com receio das atitudes deles durante essa aula, tinha medo que não se envolvessem como esperávamos (...) eles gostaram muito, envolveram-se, queriam participar todos, viste? (...). O simulador é muito simples, mas tem um enorme potencial de exploração conceitual, eu gostei muito e vou utilizá-lo sempre (...).”

Outra vantagem destacada por esta professora é a possibilidade deste simulador ser utilizado em diferentes anos de escolaridade e a ideia de que “o professor acaba por estar mais familiarizado, à vontade, com o recurso, o que facilita muito o nosso trabalho”. Também a professora fez referência ao fato deste simulador possibilitar que o aluno vá construindo o seu conhecimento acerca dos conceitos abordados: “o aluno vai explorar, testar e analisar o movimento no simulador, e assim vai construindo um novo conhecimento, pois os conceitos estão implícitos”.

A *Professora B* mencionou na entrevista antes da intervenção não acreditar nos benefícios do uso de uma simulação nas aulas de Física. Podemos observar, no excerto abaixo, a mudança de postura acerca deste recurso. Assim, nas palavras desta professora:

“O simulador ficou fantástico, é exatamente como eu queria, era isto que eu precisava, é disto que os professores de Física precisam (...). Digo-lhe de todos os simuladores que eu conheço e que nunca utilizei nas aulas, esse sim dá para utilizar e é uma grande mais-valia, uma mais-valia nesta fase de consolidação de conhecimentos, mas acredito que na fase inicial também será (...). Eu gostei mesmo, digo-lhe tive um prazer incrível porque eu nunca pensei utilizar com um simulador a exploração de tantos conceitos, não sei se reparou que no fundo eu explorei todos os movimentos: movimento no plano horizontal, movimento na rampa, fiz a análise da aceleração de um corpo na rampa, fui para o movimento de um grave, fiz a análise em termos energéticos, dei as leis do movimento, análise em termos vetoriais, fizemos a exploração gráfica de todas as

situações (...) foi uma mais-valia com certeza, foi a validação de todos os conhecimentos (...). Olhe um simulador não pode ser apresentado só para observar, deve ser a comprovação, em que os alunos levantam as hipóteses e depois vão confirmar, o poder interromper a simulação, discutir, voltar e comprovar, foi o que fizemos aqui e eles gostaram muito, a satisfação e o envolvimento deles foram imensos. (...) o simulador dá para explorar muita coisa e digo-lhe foi muito bem explorado, viu que eles iam traçando retas nos gráficos das energias, a cara deles de espanto com o resultado e como surgiram perguntas disso, foi fantástico (...) saio daqui realizada e pode ter a certeza, com uma visão totalmente diferente do que eu tinha quando fizemos a primeira entrevista”.

Analisando os excertos retirados das entrevistas das professoras podemos verificar que ambas sentiram-se motivadas em trabalhar com o simulador, o seu uso proporcionou uma grande exploração de conceitos e, além de envolver mais os alunos, desenvolveu uma atitude positiva em relação ao uso deste recurso nas aulas de Física. Como destacam Recchi *et al.* (2006, p.411) “uma simulação computacional bem projetada pode envolver o aluno na interação, ajudando o aluno a prever o curso e os resultados de certas ações, a compreender o porquê de acontecimentos observados ocorrerem, a explorar os efeitos de modificar conclusões preliminares, avaliar ideias, ganhar *insight* e estimular o pensamento crítico” e, também, concordando com Jimoyiannis e Komis (2001) e Marques (2011), as professoras apontam como uma das vantagens do simulador a possibilidade dos alunos elaborarem hipóteses e testarem ideias.

As professoras mostraram-se motivadas com o uso do simulador, referindo também a satisfação que os estudantes tiveram ao usá-lo. Muitas pesquisas têm indicado que experiências com atividades de simulação em sala de aula promovem maior motivação nas aulas (Rutten *et al.*, 2012; Chang *et al.*, 2008; Zacharia & Olympiou, 2011; Duran *et al.*, 2007; entre outros).

A *Professora A* referiu que pôde trabalhar as pré-concepções que os alunos apresentam usando a simulação; alguns autores (de Jong & van Joolingen 1998; Jimoyiannis & Komis, 2001; Rose & Meyer, 2002; Jonassen *et al.*, 2003; Jimoyiannis, 2008; Rutten, *et al.*, 2012; entre outros) fornecem uma ligação entre o conhecimento prévio dos alunos e a aprendizagem de novos conhecimentos físicos.

Resultados dos questionários aos alunos

As informações sobre o simulador computacional utilizado durante a intervenção pedagógica foram recolhidas através do questionário aplicado após esta intervenção. Responderam às questões referentes ao simulador apenas os alunos das turmas experimentais (A e B), já que as turmas controlo (A e B) não tiveram este tipo de tratamento.

Quando questionados sobre o principal objetivo que consideravam atingir quando utilizam simulação computacional nas aulas de Física, os alunos das duas turmas questionadas tiveram opiniões bastante semelhantes (Gráfico 28).

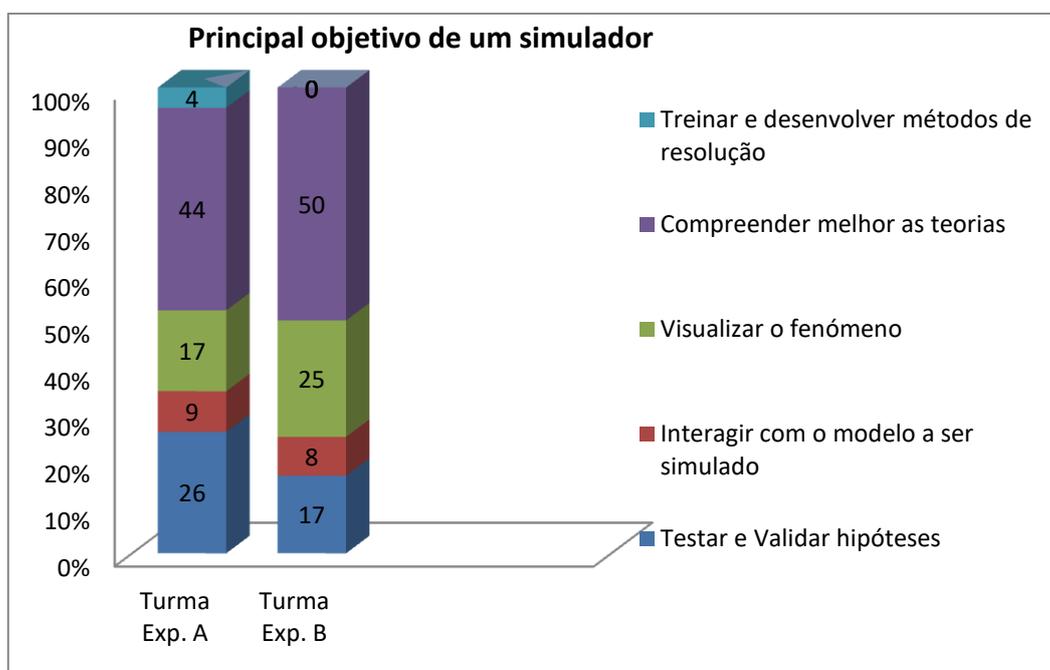


Gráfico 28 – Distribuição percentual por turma do principal objetivo do uso de um simulador computacional, segundo os alunos.

Das respostas dos alunos podemos verificar que o principal objetivo que consideraram no uso de um simulador foi compreender melhor as teorias (44% dos alunos da *Turma Experimental A* e 50% dos alunos da *Turma Experimental B*) (Jimoyiannis & Komis, 2001; Recchi *et al.*, 2006; Marques, 2011), seguido de visualizar o fenómeno (17% dos alunos da *Turma Experimental A* e 25% dos alunos da *Turma Experimental B*) (Jimoyiannis, 2001; Marques, 2011) ou testar e validar

hipóteses (26,1% dos alunos da *Turma Experimental A* e 17% dos alunos da *Turma Experimental B*) (Jimoyiannis & Komis, 2001; Crouch *et al.*, 2004; Marques, 2011). 9% dos alunos da *Turma Experimental A* e 8% dos alunos da *Turma Experimental B* consideraram ser interagir com o modelo a ser simulado (de Jong & van Joolingen, 1998; Jimoyiannis & Komis, 2001; Hennessy *et al.*, 2007; Marques, 2011). Apenas 4%, ou seja, 1 aluno da *Turma Experimental A* considerou o objetivo principal treinar e desenvolver métodos de resolução (Rose & Meyer, 2002; Marques, 2011), enquanto nenhum dos alunos da *Turma Experimental B* considerou este ser o principal objetivo.

Ao questionarmos sobre o simulador computacional utilizado na intervenção, a totalidade dos alunos teve uma opinião positiva sobre o mesmo (Gráfico 29).

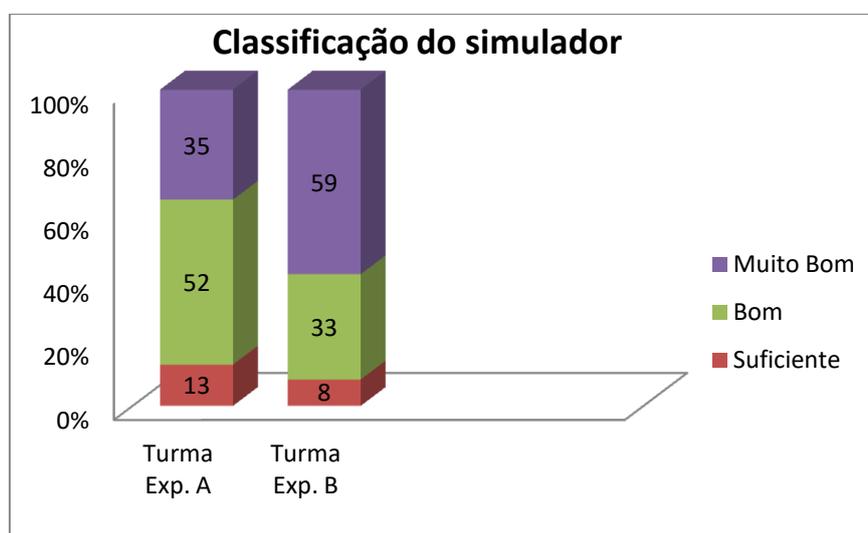


Gráfico 29 – Distribuição percentual por turma da avaliação do simulador computacional, segundo os alunos.

As duas turmas questionadas fizeram uma avaliação positiva do simulador computacional utilizado. Na *Turma Experimental A* consideraram que o simulador é muito bom (35%), bom (52%) ou suficiente (13%); na *Turma Experimental B* 59% do total, ou seja, 7 alunos, consideraram o simulador muito bom, bom (33%) ou suficiente (8%).

Resultados da observação de aulas

Alguns registos foram efetuados durante a observação da intervenção pedagógica nas escolas *A* e *B*, dos quais apresentaremos os principais nos Quadros 14 e 15, transcrevendo alguns excertos que achamos mais pertinentes sobre o simulador computacional construído e projetado, que vêm ao encontro do que foi referido pelas professoras nas entrevistas.

Quadro 14

Algumas transcrições da ficha de observação da intervenção pedagógica da *Escola A*, sobre o simulador computacional.

<i>Professora A</i>	<i>Turma Experimental A</i>
<ul style="list-style-type: none"> - “A professora realiza a simulação utilizando a caneta do QI”. - “A professora interrompe por várias vezes a simulação para prever e discutir os resultados”. - “Observa-se a motivação e a satisfação da professora ao usar o simulador através de suas atitudes”. - “A professora estimula os alunos a preverem os resultados, questiona-os, cria momentos de discussão”. - “Vários conceitos são explorados no simulador”. - “Professora: <<consegui explorar muitos conceitos numa só aula e eles perceberam muito bem>>”. 	<ul style="list-style-type: none"> - “Quando aparece o <i>écran</i> do simulador os alunos ficam a olhar atentos”. - “A grande maioria dos alunos disponibiliza-se para ir realizar a simulação”. - “É possível observar o envolvimento dos alunos e nas suas atitudes a motivação”. - “Os alunos observam a simulação e interagem muito entre eles e com a professora”. - “Um aluno: <<o que acontece se modificarmos a inclinação da rampa?>>”. - “Uma aluna: <<e se testarmos de outra maneira?>>”. - “Um aluno: <<agora estou a perceber, é por isto que sempre erro, professora?>>”. - “Os alunos respondem aos questionamentos e fazem novos questionamentos à professora, momento de grande interação”.

Quadro 15

Algumas transcrições da ficha de observação da intervenção pedagógica da *Escola B*, sobre o simulador computacional.

<i>Professora B</i>	<i>Turma Experimental B</i>
<ul style="list-style-type: none"> - “A professora abre o simulador e simula o movimento que representa a primeira imagem que ela apresenta à turma”. - “É possível observar o envolvimento, a motivação e a satisfação da professora ao usar o simulador”. - “A simulação é sempre interrompida antes do término para discutir e prever os resultados”. - “A professora interage com a turma e envolve-os na resolução das atividades no simulador”. - “<<o que acontece se?>> Foi muitas vezes questionado pela professora”. 	<ul style="list-style-type: none"> - “A turma mostra-se motivada em trabalhar com o simulador”. - “Muitos alunos vão ao QI simular os movimentos no simulador”. - “Os alunos estão envolvidos e a interação é imensa”. - “Um aluno: <<estou a perceber bem mais o conteúdo assim, ficou mais claro>>”. - Um grupo de alunos que estão sentados juntos na mesma bancada: <<temos uma dúvida professora, podemos simular outra vez? (...) ah é por isto então, para nós não mudávamos o tamanho do vetor>>”.

5.7 Percepções sobre o QI

Resultados das entrevistas às professoras

As informações acerca do QI foram também recolhidas nos dois momentos da intervenção, antes e após, sendo que as primeiras informações nos auxiliaram na elaboração das formações às professoras envolvidas (A e B).

Apresentamos a seguir as informações recolhidas antes da intervenção, onde as opiniões das professoras entrevistadas apontam para a ideia central de que ambas não utilizam o QI pois não tiveram uma formação adequada.

Assim, buscando justificar a ideia acima, expomos alguns excertos das entrevistas das professoras.

Segundo a *Professora A*:

“Aqui na escola ninguém faz uso deles, a não ser para projeção de slides, estão parados (...) eu não tive nenhuma formação sobre como usá-lo, nunca tive (...) houve colegas que tiveram formação fora, mas na formação o *software* era diferente da escola então depois chegavam cá não conseguiam ensinar-nos (...) então não utilizo porque não tenho formação sobre ele, não consigo utilizá-lo”.

A *Professora B* também não utiliza o QI, pois não teve formação específica para a disciplina de Física. Nas palavras desta professora:

“Eu já tive formação há uns 6 anos, mas digo-lhe, foi muito geral, voltada para a parte técnica (...) eu deveria ter tido, e lamento, formação da aplicação do QI na Física e na Química (...) como vou utilizá-lo se não vejo qualquer benefício dele? (...) é uma pena, sabe, eles estão aí, pouquíssimos professores os utilizam”.

As professoras relataram que não utilizam o QI nas suas aulas porque lhes falta formação, o que está de acordo com a ideia presente na literatura (Levy, 2002; BECTA, 2003; Smith *et al.*, 2005; Glover & Miller, 2009, Türel & Johnson, 2012; Cruz & Lencastre, 2013; entre outros autores) de que a escassez da sua utilização está ligada ao fato de os professores não terem a devida formação. Sendo assim, a formação é considerada um grande obstáculo à integração do QI nas práticas pedagógicas, pois,

como referiu a *Professora B*, quando se centra apenas no desenvolvimento de competências técnicas e está desligada das práticas em sala de aula (Kopcha, 2012) acaba por não promover a utilização pelos professores. A *Professora A* destacou que o QI é usado pelos professores apenas para projeção. Silva e Torres (2009) nos seus estudos também constataram ser este um grande problema, relatando que a maior parte dos professores que utilizam do QI em suas aulas é essencialmente para projetar textos, imagens ou ficheiros. Também podemos concluir que as crenças sobre o QI fazem com que não o utilizem nas aulas, sendo para elas o QI um obstáculo (Kopcha, 2012).

Após terem participado nas sessões de formação e sentirem-se preparadas para usar o dispositivo pedagógico, ocorreu então a intervenção pedagógica. Depois desta realizámos novamente as entrevistas com as professoras, com o objetivo de obtermos novas informações acerca do uso do QI.

Apresentamos em seguida as informações referentes à entrevista que ocorreu após a intervenção, onde as opiniões das professoras entrevistadas apontam para duas ideias principais sobre o uso do QI em sala de aula:

- o QI possibilitou que as professoras estivessem à frente da simulação e da turma durante a exploração do conteúdo;
- a possibilidade de gravar o que foi construído em aula pela turma e submeter é uma mais-valia para as aprendizagens.

Apresentamos agora alguns excertos das entrevistas realizadas às professoras que justificam as ideias acima destacadas. Nas palavras da *Professora A*:

“Trabalhar com o QI desta maneira é uma mais-valia para a aprendizagem dos alunos, porque o facto de estarmos à frente dele realizando as simulações sem precisar ficar à secretária, e vir até a frente da turma para mostrar algo é fantástico (...) também o que gostei muito é dos alunos poderem vir trabalhar na frente da turma, eles estavam motivados, eles gostaram (...) aquele vai e volta do *Flipchart* para o simulador é muito bom, não perco tempo, é um benefício (...) percebi bem as suas inúmeras vantagens, tenho é de continuar a utilizá-lo. Outra coisa, o que fomos construindo com eles e depois lhes enviamos também achei interessante (...) Como limitação quem sabe se não continuar a treinar e a trabalhar com ele posso esquecer-me de muitas coisas”.

A Professora B fala da formação que teve durante as sessões, mostrando-se disposta a continuar a usar o QI em suas aulas. Segundo esta professora:

“Sabe de uma coisa, foi diferente, a maneira como apresentaste o QI é muito boa (...) se eu tivesse tido este tipo de formação, digo-lhe que estava a usá-lo há muito tempo (...) porque quando trabalho com o *PowerPoint* tenho de ficar na minha secretária e estar movendo-me a todo tempo para a frente da projeção e aqui hoje não foi assim, estive sempre à frente da turma e do planeamento que fizemos (...). Foi excelente os alunos poderem também participar e gostei imenso de poder gravar tudo e enviar o *flipchart* com as ideias construídas em aula, foi importante (...) gostei imenso, eles estavam atentos, a interação desta aula foi imensa, estavam envolvidos na própria construção dos conhecimentos, por isto foi diferente (...) temos muitas possibilidades de exploração com o quadro (...) senti a necessidade de utilizá-lo mais vezes, sabe, foi diferente, nas formações éramos nós duas, hoje com a turma parece-me que consegui explorar mais (...)”.

Podemos observar uma homogeneidade nas ideias sobre o QI após a intervenção pedagógica. Ambas as professoras gostaram de trabalhar e pretendem continuar a usá-lo, sendo este um fator muito importante pois houve uma mudança de paradigma a respeito das potencialidades do uso do QI no ensino da Física. Destacaram como principais benefícios identificados após o uso com os alunos durante a intervenção: poder permanecer à frente do QI (M. A. Bell, 2002; Moss *et al.*, 2007), os alunos poderem também participar das interações no quadro (Bell, 2002; Smith *et al.*, 2005; Moss *et al.*, 2007); alunos mais envolvidos e motivados e maiores interações na aula (Levy, 2002; Becta, 2003; Beauchamp & Parkinson, 2005; Hall & Higgins, 2005; Glover *et al.*, 2007; Betcher & Lee, 2009; Campbell & Martin, 2010; Türel & Johnson, 2012), e, finalmente, poder salvar e enviar para os alunos as construções realizadas durante a aula (Bell, 2002; Gómez *et al.* 2010).

Resultados dos questionários aos alunos

As informações sobre o uso do QI nas aulas de Física foram recolhidas junto dos alunos das turmas experimentais A e B, após a intervenção pedagógica.

Quando questionados sobre a principal vantagem que consideram quando se utiliza o QI nas aulas de Física, os alunos das duas turmas tiveram opiniões bastante semelhantes (Gráfico 30).

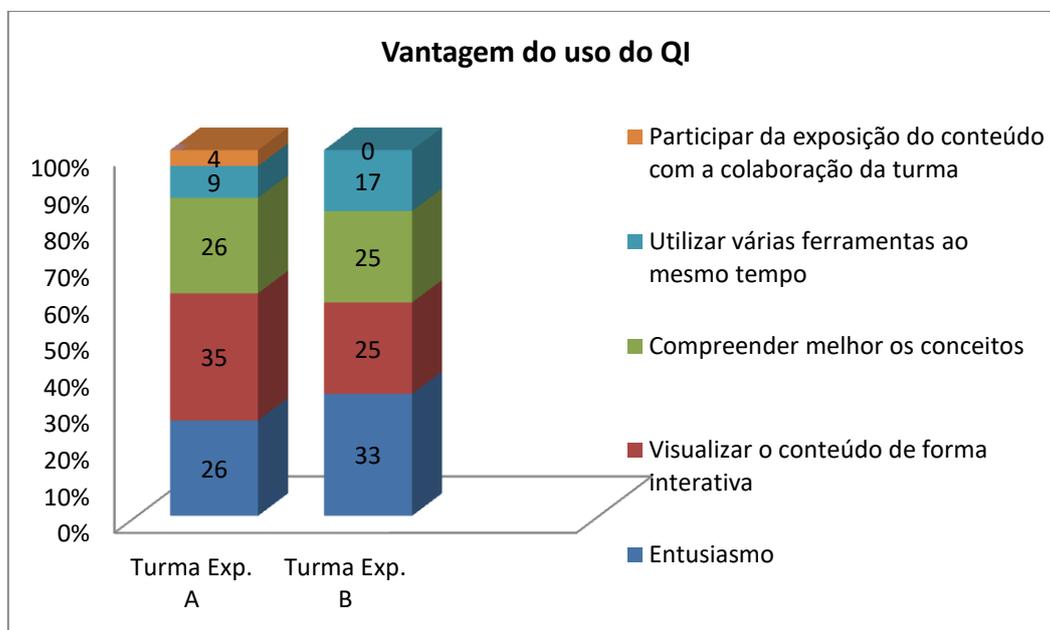


Gráfico 30 – Distribuição percentual por turma da principal vantagem do QI, segundo os alunos.

Em concordância com a literatura, dentre todas as vantagens apresentadas aos alunos, as principais consideradas por eles nas suas respostas foram: visualizar o conteúdo de forma interativa (35% dos alunos da *Turma Experimental A* e 25% dos alunos da *Turma Experimental B*), entusiasmo (26% dos alunos da *Turma Experimental A* e 33% dos alunos da *Turma Experimental B*) ou compreender melhor os conceitos (26% dos alunos da *Turma Experimental A* e 25% dos alunos da *Turma Experimental B*). Depois, 9% dos alunos da *Turma Experimental A* e 17% dos alunos da *Turma Experimental B* consideraram ser utilizar várias ferramentas ao mesmo tempo e 4% dos alunos da *Turma Experimental A* consideraram que a principal vantagem do uso do QI é participar na exposição do conteúdo com a colaboração da turma.

No Gráfico 31 apresentamos as opiniões dos alunos sobre o uso do QI, como o classificam. Novamente tivemos respostas homogêneas nas duas turmas questionadas.

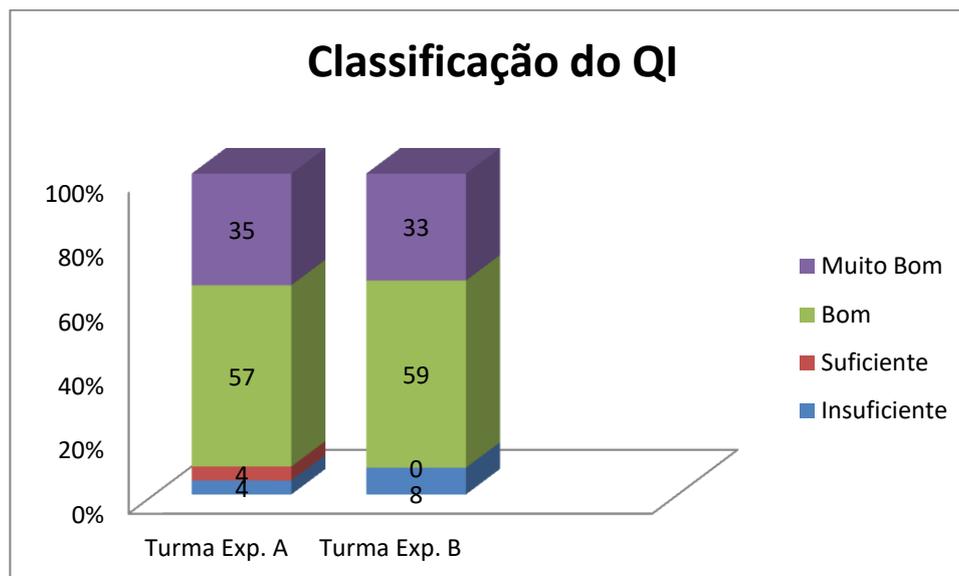


Gráfico 31 – Distribuição percentual por turma da avaliação do uso do QI, segundo os alunos questionados.

As turmas que receberam o tratamento (experimentais *A* e *B*) apresentaram em suas respostas opiniões positivas quanto ao uso do QI, avaliando o seu uso como bom (57% dos alunos da *Turma Experimental A* e 59% dos alunos da *Turma Experimental B*), muito bom (35% dos alunos da *Turma Experimental A* e 33% dos alunos da *Turma Experimental B*) ou suficiente (4% dos alunos da *Turma Experimental A*) e apenas 4 da *Turma Experimental A* e 8,3% dos alunos da *Turma Experimental B* classificaram-no como insuficiente.

Então, analisando as respostas dadas pelos alunos podemos concluir que tiveram percepções positivas sobre o uso do QI nas aulas de Física, as suas opiniões estão de acordo com o que encontramos na literatura na seção 2.4 do Capítulo 2. Sendo assim, o QI é uma ferramenta que foi pensada e elaborada para o uso educacional, que tem inúmeras ferramentas que possibilitam a professores e alunos desenvolverem as aulas de uma forma mais interativa e colaborativa, compreendendo assim melhor os conteúdos abordados, pois através dele podemos visualizar os conteúdos de forma interativa e também mais atrativa, inserindo cores, imagens, textos e até vídeos. Depois, tendo a possibilidade de guardar e enviar para a turma, com isso aumentando o prazer e a motivação de todos os participantes na aula.

Resultados da observação de aulas

Durante a observação da intervenção pedagógica efetuaram-se alguns registos sobre os comportamentos e as atitudes das professoras e alunos em relação ao QI. Apresentamos em seguida os registos por escola.

Em relação aos registos efetuados na *Escola A* (Quadro 16), observamos atitudes positivas dos alunos e da professora relativamente ao QI.

Quadro 16

Algumas transcrições da ficha de observação da intervenção pedagógica da *Escola A* sobre o QI

<i>Professora A</i>	<i>Turma Experimental A</i>
<ul style="list-style-type: none"> - “A professora ao entrar na sala de aula, antes dos alunos, vai diretamente ligar o computador e o projetor”. - “Professora: << já vou deixar tudo ligado e preparado antes deles entrarem>>”. - “A professora não explica que irá usar o QI e começa por escrever o sumário nele”. - “É possível observar que a professora está bem à vontade a usar o QI”. - “Muitas ferramentas do QI são exploradas”. - “A professora mostra-se motivada durante a intervenção”. - “Envolve os alunos durante a exploração do conteúdo”. - “No final da intervenção a professora: <<eu gostei muito da aula de hoje, senti-me bem e eles também>>”. 	<ul style="list-style-type: none"> - “Os alunos ao entrarem na sala e verificando que o QI está ligado voltam o olhar para ele”. - “Um grupo de alunos comenta que a aula será com projeção de <i>slides</i>”. - “Os alunos começam a comentar sobre o uso do QI e questionam a professora”. - “Mostram-se interessados na aula”. - “Muitos alunos disponibilizam-se para ir trabalhar no QI”. - “Estão envolvidos na exploração do conteúdo e na resolução das atividades”. - “Dois alunos falam, entre eles, que estão a gostar da aula com o QI”. - “No final da aula, um aluno pergunta à professora se vão continuar a usar o QI nas próximas aulas. Após a resposta positiva da professora, comentam que a aula foi muito boa”.

Nos registos efetuados na *Turma B* (Quadro 17) podemos observar a satisfação da professora durante a aula e também dos alunos.

Quadro 17

Algumas transcrições da ficha de observação da intervenção pedagógica da *Escola B* sobre o QI

<i>Professora B</i>	<i>Turma Experimental B</i>
<ul style="list-style-type: none"> - “Enquanto os alunos se organizam a professora liga o computador, o projetor e calibra o QI”. - “Professora (<i>à parte</i>) : <<estou um bocado nervosa, espero que corra tudo bem>>”. - “A professora inicia a aula explorando uma imagem com a turma, onde convida um aluno para fazer os apontamentos das ideias da turma”. - “A professora mostra-se bastante envolvida e motivada”. - “A professora envolve os alunos, cria momentos ricos de discussão”. - “Muitas ferramentas do QI são utilizadas”. - “No término da aula, após os alunos saírem da sala, a professora: <<olhe digo-lhe já eu gostei imenso de trabalhar no QI, está aula foi fantástica, eles perguntaram-me quando usaremos novamente?>>”. 	<ul style="list-style-type: none"> - “Muitos olhares são lançados enquanto a professora calibra o QI e abre o seu <i>software</i>”. - “Um aluno conversa com outro: <<a aula está muito interessante>>”. - “Muita discussão de ideias sobre a imagem inicial”. - “É possível observar o entusiasmo dos alunos e a interação entre eles, a professora e o QI”. - “Aluno: <<professora: sabe que é muito diferente visualizarmos no quadro, é mais real estou a perceber melhor>>”. - “Aluna: <<vamos voltar na outra página e ver o que escrevemos penso que achei um equívoco>>” - “Aluno: <<e se procurássemos na <i>Internet</i> alguma coisa semelhante para tentarmos resolver?>>”. - “Vários alunos vão trabalhar no QI”.

5.8 Perceções sobre a intervenção pedagógica

A intervenção pedagógica, como já mencionámos na presente tese, ocorreu em duas escolas diferentes (*A* e *B*) e, por ambas as escolas não possuírem QI em todas as salas de aula, foi necessário deslocarmos os alunos das turmas participantes no tratamento (*Turmas Experimentais*) para outra sala de aula que tivesse o QI em funcionamento. Tal ocorreu no horário normal da disciplina de Física e não causou problemas nem constrangimentos aos participantes.

Resultados das entrevistas às professoras

Na entrevista que realizámos as professoras após da intervenção, o nosso objetivo era recolher informação sobre todo o processo da intervenção. Assim, procurámos saber se as sessões de formação em que participaram foram adequadas e

suficientes para que pudessem trabalhar com o dispositivo pedagógico na intervenção e, não somente nela, nas suas futuras práticas pedagógicas.

Então, nas palavras da *Professora A*:

“Foi suficiente, senti-me muito bem preparada para usar os recursos com a turma (...) sinto que agora estou preparada para continuar a usar o QI e também o simulador. Nós trabalhamos muito, então digo-lhe que estava à vontade, durante a aula, se eu tivesse esse tipo de formação quando foram colocados os quadros na escola teria sido bem diferente (...)”.

A *Professora B* também refere que as formações foram suficientes, não sendo necessárias mais formações para continuar a usar o dispositivo:

“As formações foram suficientes, (...) ajudou-me, disse-me os aspetos relevantes, foi muito direta, pôs-me a praticar. Vou dizer-lhe que no início foi mais difícil com o QI, porque eu estava nervosa (...) tive de sair da zona de conforto (...) tinha medo de no dia esquecer tudo, mas não, vejo que depois trabalhando junto com o simulador a coisa começou a andar mais (...) eu estava completamente à vontade hoje na aula, não é preciso mais que isso para que um professor se sinta capaz de usar os recursos”.

As duas professoras tiveram opiniões positivas em relação às formações, uma vez que não foram sessões centradas apenas no domínio técnico dos recursos, mas sim, desenvolvendo além de competências técnicas também as competências pedagógicas do uso dos recursos (Baylor & Ritchie, 2002; Kopcha, 2012), ou seja, a limitação expressa na primeira entrevista foi ultrapassada com as formações.

Para as professoras a intervenção pedagógica em si foi adequada às turmas que participaram, o tempo foi suficiente e os objetivos foram atingidos, não havendo pontos negativos a considerar.

Segundo a *Professora A*:

“Penso que a nossa decisão de aplicar nesta turma foi certa, percebi que eles estavam a entender e principalmente a envolver-se mais. O tempo foi suficiente, mas se tivéssemos mais um período de aula continuaria a trabalhar bem, mas foi suficiente, sim, não é preciso mais. (...) correu da forma que planeámos, não faria nada diferente, penso que planeámos muito bem as atividades a desenvolver, foi um imenso prazer participar no teu estudo, eu aprendi muito”.

A *Professora B* destaca que participar deste estudo foi um desafio e teve uma opinião positiva sobre a intervenção. Assim, nas palavras desta professora:

“Deu-me muito prazer esta aula, eu tinha um grupo que precisa de constante motivação, estavam totalmente motivados e envolvidos (...) até passámos do tempo previsto, viste? Eles não quiseram sair para o intervalo (...). Consegui explorar muitos conteúdos com eles, trabalhámos o tempo todo (...). Sabes, foi um enorme desafio e termino esta aula de hoje gratificada, com um sentimento muito bom em relação à maneira como ocorreu, tudo correu como planeámos, vejo que superou todas as expectativas (...)”.

Acreditamos que esta foi uma aula potencialmente inovadora, que despertou interesse nas professoras em continuar a utilizar o dispositivo produzido, trouxe benefícios para as suas práticas futuras. A estratégia utilizada permitiu às professoras explorar mais os conceitos e, com isso, terem uma nova visão sobre os recursos que foram utilizados.

Segundo a *Professora A*, esse trabalho com o QI foi uma superação e uma mais-valia para sua prática em sala de aula:

“Bem, eu já trabalhava com alguns simuladores, mas com o quadro interativo nunca havia trabalhado, penso que foi uma superação e uma mais-valia para a minha prática em sala de aula. Eu saio desta participação no teu estudo com outra visão (...) senti-me muito bem em participar, não foi nada desgastante, com o passar das sessões comecei a perceber a importância desta estratégia para trabalhar, principalmente os conceitos (...) os outros professores aqui da escola queriam saber o que estávamos a fazer no QI, penso que despertou um bocado de interesse neles”.

Já a *Professora B* acrescenta que a sua participação neste estudo a fez repensar a sua prática pedagógica:

“Este teu trabalho foi muito importante para mim, pois eu termino esta colaboração com um (...) novo olhar para os recursos que utilizámos, com uma imensa vontade de continuar a trabalhar com eles, digo-te que o simulador encantou-me, o facto de eu conseguir explorar todos aqueles conteúdos foi de suma importância para que eu mudasse a minha postura sobre ele, percebes? (...) e esta estratégia que me apresentaste (...) de combinar o simulador com o quadro, foi fantástico, eu estava motivada, os alunos envolvidos, ativos (...) olha isso tudo para dizer que eu gostei imenso e que foi muito importante eu participar porque fizeste-me repensar as minhas aulas, que é possível sim eu ensinar mais e bem melhor com esses recursos (...)”.

As professoras também destacaram nas entrevistas que os alunos se envolveram, estavam motivados e gostaram da estratégia utilizada, isso facilitou as suas aprendizagens entendendo melhor os conceitos que foram trabalhados, indo de acordo ao que encontramos na literatura (Hennessy *et al.*, 2005; Cardoso & Dickman, 2012) sobre o valor acrescentado das TIC nas aprendizagens dos alunos e sobre o seu efeito motivacional nos alunos.

A *Professora A* verificou que houve evolução das aprendizagens, onde os alunos tiveram um melhor desempenho no teste que realizaram na aula após a intervenção.

“Eles gostaram (...) eu estava preocupada, pois esta turma é bastante agitada, não estão ainda voltados para este nível de ensino, então é difícil envolvê-los durante as aulas (...) distraem-se com facilidade (...). Eles realmente gostaram de participar sabe, envolveram-se bem mais do que nas aulas. (...) teve ali dois alunos que já estão com *chances* de chumbar, não participam das aulas, são apáticos, sem regras e pude perceber que a aula despertou interesse neles, estavam a registar nos seus cadernos e muitos dos alunos que vieram até o QI não costumam vir ao quadro, foi muito bom para eles. (...) Noto realmente que no teste eles foram bem melhor, já conseguiram fazer a análise das forças no plano inclinado, dos gráficos das energias, já não se enganam (...) eles perceberam bem este conteúdo”.

E, nas palavras da *Professora B*:

“Eles estavam felizes e motivados, dava para perceber que gostaram muito. Foi muito importante para este grupo de alunos a participação neste teu projeto, conseguimos envolvê-los todo o tempo (...) eles até me perguntaram quando teriam aula novamente (...). Digo-te que o foco foi nos alunos, tiveram um papel ativo, então puderam compreender vários aspetos da Mecânica que estava sendo antes difíceis para eles. Visualizar e executar as atividades nos recursos contribuiu para uma melhor assimilação dos conteúdos (...) iam apontando no caderno, participaram muito, interagiram entre eles, foi espetacular”.

Resultados dos questionários aos alunos

Após a intervenção foi questionado aos alunos como foi o envolvimento e a aprendizagem deles durante a intervenção pedagógica. Apresentamos de seguida os resultados por turma.

As perceções dos alunos sobre o seu envolvimento durante a intervenção pedagógica foram na totalidade positivas. Os alunos avaliaram o seu envolvimento

como *muito bom* (13% dos alunos da *Turma Experimental A* e 33% dos alunos da *Turma Experimental B*), *bom* (57% dos alunos da *Turma Experimental A* e 42% dos alunos da *Turma Experimental B*) ou *suficiente* (30% dos alunos da *Turma Experimental A* e 25% dos alunos da *Turma Experimental B*), sendo que nenhum aluno das duas turmas considerou *insuficiente* o seu envolvimento (Gráfico 32).

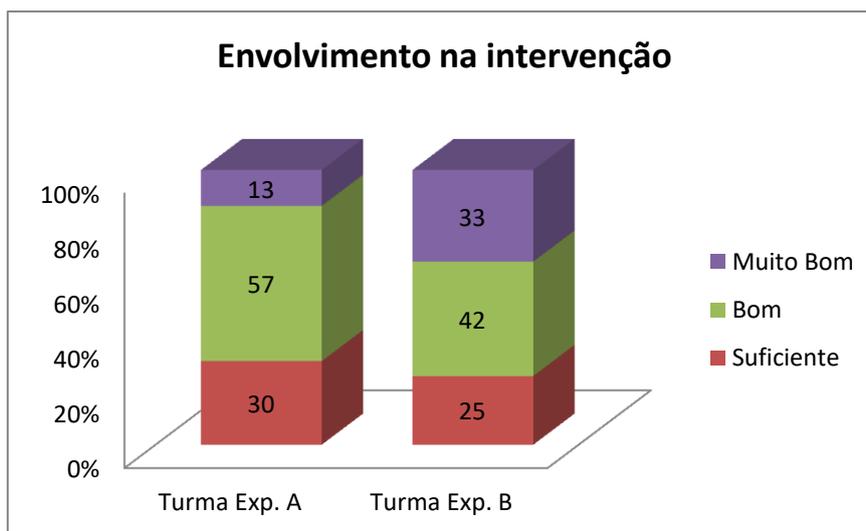


Gráfico 32 – Distribuição percentual por turma da percepção pelos alunos do envolvimento durante a intervenção pedagógica.

Quando questionados sobre a aprendizagem durante a intervenção pedagógica, novamente as duas turmas experimentais tiveram opiniões positivas. Avaliaram a aprendizagem como *muito boa* (17% dos alunos da *Turma Experimental A* e 66% dos alunos da *Turma Experimental B*), *boa* (57% dos alunos da *Turma Experimental A* e 17% dos alunos da *Turma Experimental B*) ou *suficiente* (26% dos alunos da *Turma Experimental A* e 17% dos alunos da *Turma Experimental B*). Não houve registos considerando *insuficiente* a aprendizagem durante a intervenção, nas duas turmas questionadas.

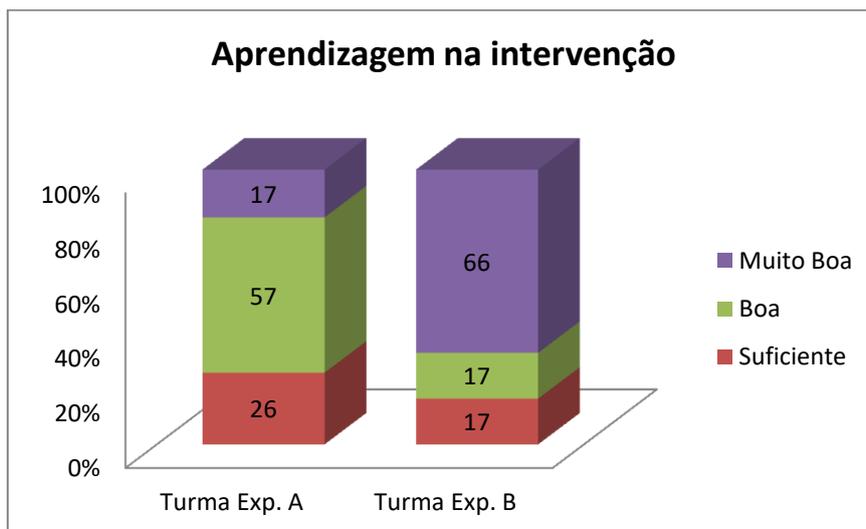


Gráfico 33 – Distribuição percentual por turma da percepção pelos alunos da aprendizagem durante a intervenção pedagógica.

Analisando novamente as falas das professoras, que apontaram que os alunos estavam motivados e envolvidos durante a intervenção pedagógica e, agora, voltando o nosso olhar sobre as informações recolhidas junto dos alunos nos questionários em que manifestaram percepções positivas sobre o envolvimento e a aprendizagem durante a intervenção, podemos concluir, como Skunk (1995) destaca, que a motivação influencia o modo como os alunos aprendem, e a mesma está intimamente relacionada com o envolvimento (Markell, 2007) relacionando-se mutuamente. Neste caso usando essa metodologia que consideramos ativa, a aprendizagem foi reforçada e consolidada, tendo os alunos maiores ganhos de aprendizagem.

Resultados dos dados documentais

Apresentamos aqui as médias das classificações de frequência nos testes teóricos realizados em aula pelos alunos envolvidos nesta investigação. O *Teste teórico 2* foi realizado depois da intervenção, sendo que a *Turma Experimental* recebeu o tratamento e a *Turma Controle* não o recebeu. Os testes foram elaborados pelas professoras, fazendo parte da avaliação sumativa das turmas, ou seja, já estavam previstos independente da intervenção. Os dois testes envolveram o mesmo conteúdo em avaliação.

No *Teste teórico 1*, os alunos da *Escola A* obtiveram médias semelhantes, sendo que a *Turma Experimental A* teve média de 11,6 valores e a *Turma Controlo A* com 11,7 valores, tendo a *Turma Controlo A* uma vantagem de 0,1 valores sobre a outra turma.

Já no *Teste teórico 2*, que foi realizado após a turma experimental receber o tratamento, podemos observar um afastamento das médias das duas turmas, ficando a *Turma Experimental A* com 12,7 valores de média e a *Turma Controlo A* com 10,8 valores, ou seja, a turma que trabalhou com o dispositivo pedagógico teve um aumento na média em relação ao primeiro teste (1,1 valores) e a turma que não trabalhou acabou por diminuir a sua média (0,9 valores). Comparando as médias das duas turmas, a *Turma Experimental A* obteve 1,9 valores a mais na média do que a *Turma Controlo A* com o dispositivo pedagógico (Gráfico 34).

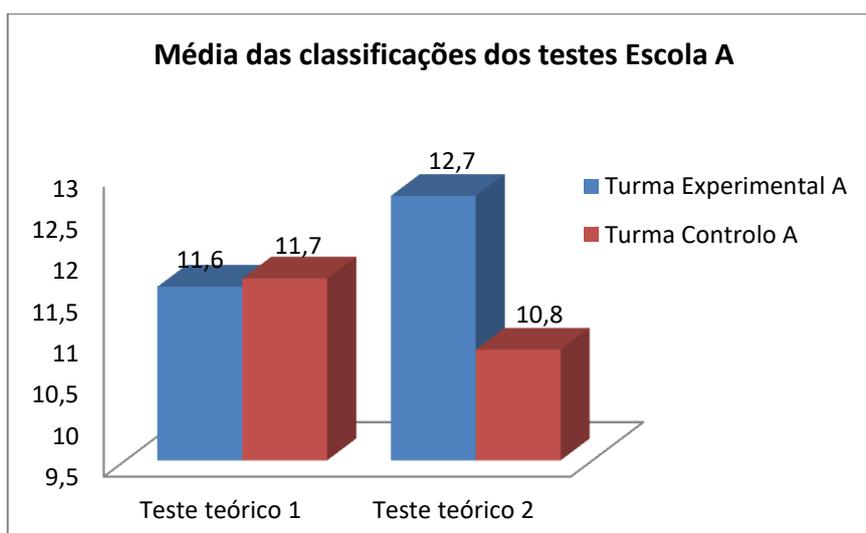


Gráfico 34 – Médias das classificações de frequência nos testes teóricos na componente de Física, das turmas experimental e controlo da Escola A.

O mesmo aconteceu na *Escola B*. Após o tratamento, a *Turma Experimental B* teve um aumento de 1,2 valores na média do *Teste teórico 2* em relação ao *Teste teórico 1* e a *Turma Controlo B* diminuiu 0,8 valores de sua média no segundo teste.

Comparando as duas turmas antes do tratamento, no *Teste teórico 1* tiveram médias semelhantes, tendo a *Turma Controlo B* 0,2 valores a mais na média que a

Turma Experimental B. Após o tratamento, a *Turma Experimental B* obteve 1,7 valores a mais do que a outra turma no *Teste teórico 2* (Gráfico 35).

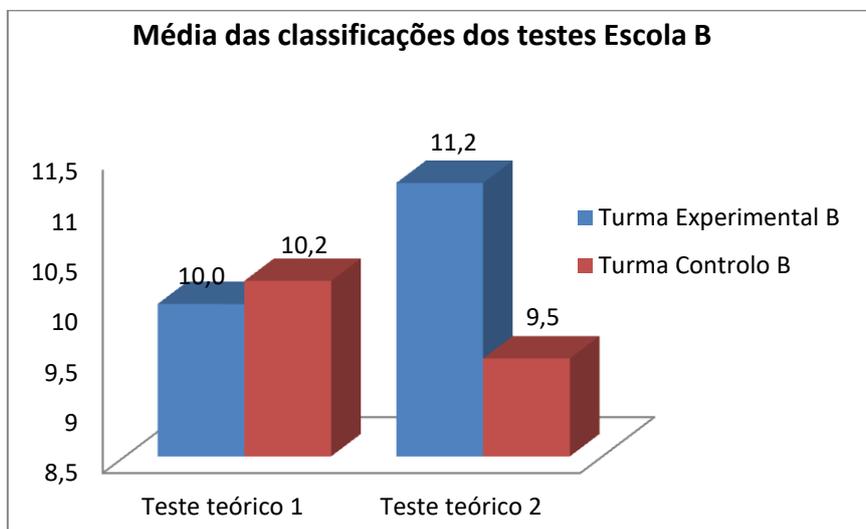


Gráfico 35 – Médias das classificações de frequência nos testes teóricos na componente de Física, das turmas experimental e controlo da Escola B.

5.9 Perceções sobre o dispositivo pedagógico

Resultados das entrevistas às professoras

Na primeira entrevista com as professoras, antes de apresentarmos a nossa proposta de um dispositivo pedagógico, procurámos também saber suas opiniões acerca do conceito de dispositivo pedagógico, as suas ideias em geral apontam para os recursos educativos utilizados pelos professores em sala de aula.

A *Professora A* refere ser “qualquer material, associao, parece que mais a qualquer material informático, qualquer coisa que ajuda a explorar um conceito (...) que ajuda o professor a ensinar”. A *Professora B* associa a combinação de recursos: “são os recursos que o professor utiliza em sala de aula (...) parece-me que mais no sentido de combinar recursos (...) não sei bem (...)”.

Na segunda entrevista, depois de decorridas todas as sessões de trabalho, as formações e a intervenção pedagógica, buscamos novamente reunir informações sobre o dispositivo pedagógico que foi então construído e projetado com o auxílio destas professoras.

Começando por recolher informações sobre o guião de atividades, as duas professoras tiveram opiniões positivas sobre ele, destacando ser um material bastante completo que auxilia o trabalho em sala de aula.

Segundo a *Professora A*, “o guião está bastante completo, é um bom amparo para eu continuar a trabalhar com estes recursos, claro que tivemos que nos limitar, mas está ótimo (...) tenho um bom material de estudo ali (...)”. Na opinião da *Professora B* “ele é muito completo, fizemos um bom trabalho (...) vai ajudar-me muito para continuar a usar o simulador junto com o QI (...) não é preciso mais que isto que está no guião, está bem claro e numa linguagem acessível”.

Sobre a combinação dos recursos utilizados, simulador, QI e guião, ou seja, o dispositivo pedagógico, as opiniões das professoras foram novamente positivas, apontando para as ideias principais:

- o dispositivo pedagógico é um excelente material, que possibilita uma melhor exploração dos conceitos durante um maior tempo na aula e, também, a possibilidade de fazer a ligação entre a parte concetual e a parte do cálculo das variáveis, despertando maior interesse em professores e alunos;
- depende muito de como o professor vai trabalhar em sala de aula.

Apresentamos agora alguns excertos das entrevistas realizadas às professoras que justificam as ideias acima destacadas.

A *Professora A* afirma que o dispositivo pedagógico utilizado é uma ferramenta diferenciada para ensinar conceitos da Física, mostrando-se motivada a continuar a usá-lo:

“Bem, é um excelente material, vou utilizar sempre no 10º ano e quando tiver 11º ano também, pois é um material muito rico para exploração concetual (...). Da maneira como foi trabalhado na intervenção não vejo qualquer limitação, claro que vai depender muito do professor que está a utilizar (...). A combinação do simulador com o QI e o guião foi uma excelente ideia, foi uma aula muito prazerosa para mim e para os alunos também, pude perceber o alto nível de motivação deles e também a evolução concetual foi perceptível no teste, foi uma experiência fantástica, só tenho a agradecer. Olhando para a nossa aula, para a exploração das energias, não é preciso mais, dá para partimos da exploração dos conceitos, depois é só fazermos uma ligação com o cálculo das variáveis. (...) sim é com certeza uma ferramenta diferenciada, eu não conseguiria ter feito sem este dispositivo (...), normalmente não consigo ficar tanto tempo numa

aula a trabalhar só a parte conceitual, pois eles acham cansativo e logo estão sem atenção na aula, hoje foi diferente, passamos toda aula somente a explorar conceitualmente as forças, o plano, os gráficos (...) é muito vantajoso”.

A *Professora B* também se mostra motivada com o dispositivo pedagógico, fala de todos os conceitos que conseguiu explorar num curto intervalo de tempo, o que não seria possível numa aula normal. Assim, nas palavras desta professora:

“Sem qualquer dúvida tu tens aqui um material riquíssimo para trabalhar a parte conceitual e que pode muito bem ser relacionada com os cálculos das variáveis (...) o dispositivo é excelente porque tem com ele diferentes estratégias (...) a imagem inicial que foi apresentada foi muito bem escolhida, viste o tempo que ficámos a explorá-la (...) mas claro que depende muito do professor, tem de ser um professor ativo (...) o mandar os alunos irem para o quadro fazer a representação e depois comprovar no simulador foi fantástico (...) o questioná-los sobre: “e se for assim o que acontece?”, fizemos muitas vezes. Não realizámos nenhum cálculo durante toda a aula, se não fosse desta maneira eu não conseguiria mantê-los atentos o tempo todo, foi diferente e tive um prazer imenso em dar esta aula (...) eu estava eufórica (...) muito entusiasmada, pois percebia a motivação dos alunos (...) digo, eles aprenderam muito nesta aula, ficou lá (...). É uma mais-valia, eu gostaria que um dia me desse também o simulador, porque eu vou utilizá-lo com o QI, vou mostrar aos meus colegas aqui no grupo porque acho que é importante, é um trabalho muito rico e potencializa novas aprendizagens em sala de aula”.

É possível concluirmos, a partir das opiniões das professoras sobre o dispositivo pedagógico utilizado durante a intervenção que, através dele, a dinâmica das aulas foi alterada, o que é confirmado por Valente (2014, p.82), que o uso das tecnologias “tem alterado a dinâmica da escola e da sala de aula como, por exemplo, a organização dos tempos e espaços da escola, as relações entre o aprendiz e a informação, as interações entre alunos, e entre alunos e professor”.

As professoras também destacaram em suas falas sobre o valor acrescentado para as aprendizagens dos alunos quer no plano cognitivo (Cardoso & Dickman, 2012), quer nos planos sócio afetivo e atitudinal (Hennessy, Ruthven & Brindly, 2005).

O papel do professor também foi mencionado pelas professoras, pois assim como em qualquer outra estratégia utilizada em sala de aula, o resultado depende muito da forma como é inserida (Cox & Marshall, 2007; Ramos, 2013).

Resultados dos questionários aos alunos

Os alunos que participaram na intervenção pedagógica foram questionados sobre como avaliaram a prática que combinou o uso do simulador computacional com o QI, tendo, na totalidade, opiniões positivas acerca desta prática, ou seja, o dispositivo pedagógico elaborado foi bem aceite pelos alunos, tendo assim uma avaliação satisfatória.

O Gráfico 36 apresenta as respostas dos alunos, que consideraram a combinação *muito boa* (35% dos alunos da *Turma Experimental A* e 58% dos alunos da *Turma Experimental B*), *boa* (57% dos alunos da *Turma Experimental A* e 25% dos alunos da *Turma Experimental B*) ou *suficiente* (8% dos alunos da *Turma Experimental A* e 17% dos alunos da *Turma Experimental B*). Nas duas turmas nenhum aluno avaliou negativamente a combinação.

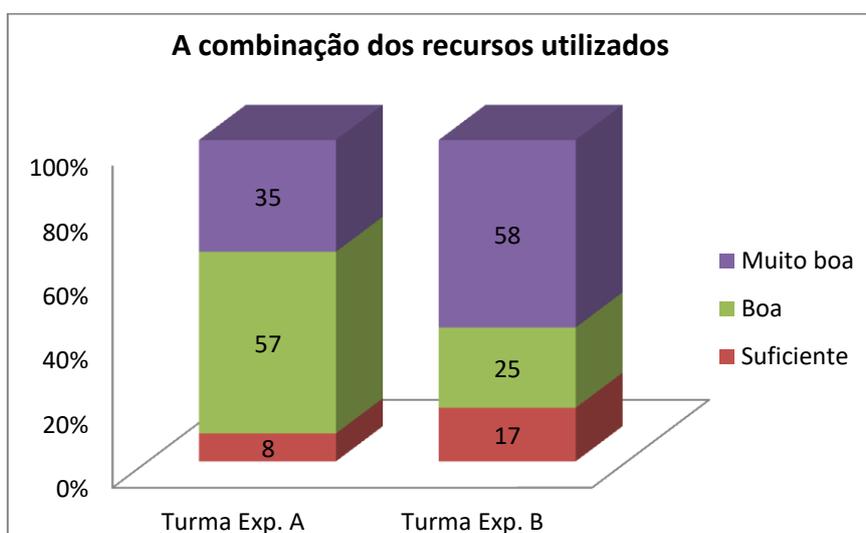


Gráfico 36 - Distribuição percentual por turma da avaliação pelos alunos da combinação do simulador computacional com o QI, utilizada na intervenção pedagógica.

CONCLUSÃO

Terminado este percurso de investigação com a análise e interpretação dos dados relativos aos diferentes atores envolvidos no estudo empírico, é o momento para refletir sobre o que foi possível verificar e os contributos para o problema central referenciado.

Apresentaremos, agora, as principais conclusões desta investigação, bem como as respetivas limitações e, ainda, sugestões para possíveis pesquisas futuras no âmbito deste domínio e objeto de estudo.

Reflexões e considerações finais

Na nossa investigação realizámos uma revisão teórica, elaborámos e aplicámos um dispositivo pedagógico numa intervenção pedagógica e concebemos e utilizámos diversos instrumentos de recolha de dados, que nos permitiram, numa análise reflexiva, extrair indicadores que estiveram na origem das conclusões que aqui apresentamos.

De forma sintética, retomamos alguns dos aspetos que já fomos abordando ao longo desta tese, agora com o propósito de justificar o percurso construído na busca de respostas às questões de partida enunciadas e de mostrar que, através desse percurso, concretizámos os nossos objetivos de investigação, uma vez que:

- Desenvolvemos e implementámos um *software* de simulação de conteúdos da Mecânica, utilizando o *Visual Python*, para ser utilizado em QI;
- Refletimos e analisámos teoricamente a respeito das interações no QI no ensino da Física para a mudança da prática docente;

- Contribuímos para o uso das tecnologias no ensino das ciências, em especial da Física e da Mecânica no ensino secundário, verificando como o uso do simulador e as interações no QI podem melhorar as aprendizagens;
- Definimos boas práticas para a utilização do dispositivo pedagógico no ensino da Física, para o estudo da Mecânica;
- Observámos e analisámos os processos e dinâmicas envolvidos;
- Avaliámos a evolução das atitudes das professoras e dos alunos relativamente a estas tecnologias durante a intervenção pedagógica;
- Avaliámos as implicações decorrentes, ao nível dos processos e dos resultados, do uso do *software* de simulação e do QI.

A investigação decorreu em duas escolas secundárias de ensino público, com alunos dos 10º e 11º anos de escolaridade. São duas escolas com retratos diferentes. Começamos, pois, por fazer uma caracterização de forma sintética dos cenários que encontrámos antes da intervenção.

Na *Escola A*, assim como foi relatado pela *Professora A* em sua entrevista, encontramos uma escola com espaços, quer no exterior quer no interior, de qualidade insatisfatória, com salas de aula grandes com pouca luminosidade e mobiliário bastante antigo. Todas as salas de aula estão equipadas com um computador e um projetor multimédia mas apenas três dos oito QIs presentes na escola estão em condições de uso. Os laboratórios de Física são antigos, com poucos equipamentos para os professores realizarem as atividades laboratoriais, sendo necessário pedir emprestado a outras instituições de ensino. Apesar destes pontos negativos, esta escola é reconhecida, quer pela comunidade educativa quer pela comunidade em geral, pela sua elevada qualidade de ensino, tendo-se destacado nas últimas avaliações externas conseguindo bons resultados nos exames nacionais.

Diferentemente, a *Escola B* apresenta espaços de boa qualidade, no exterior e no interior, com boas salas de aula, muito bem iluminadas, arejadas e também com bom mobiliário. Apresenta bons laboratórios de Física, com equipamentos suficientes para o desenvolvimento do trabalho experimental. A escola possui 29 QIs mas destes apenas dez estão em funcionamento em salas de aulas específicas como, por exemplo, na sala de aula multimédia. Todas as salas de aulas estão equipadas com computadores,

projetores multimédia e um quadro branco. Os resultados externos estão a evoluir a cada ano letivo e, na opinião da maioria dos alunos participantes no estudo, a qualidade da escola é muito boa ou boa.

Os alunos participantes neste estudo são públicos bastante diferentes, todavia, como não estamos a comparar duas escolas, mas sim duas classes de escolaridade do mesmo ano, em cada escola, com diferentes contextos de ensino, isso não foi um problema a levar em consideração, controlámos as variáveis externas dentro de cada contexto. As duas turmas participantes da *Escola A* (*Experimental A* e *Controlo A*) são constituídas por alunos do 10º ano, que apresentam uma média de idades de 15,71 anos (GE) e 15,17 anos (GC). Segundo a *Professora A* entrevistada, são alunos ainda imaturos, com poucos hábitos de estudo e muitos deles frequentam aulas de apoio fora da escola. Na *Escola B* a média de idade dos alunos que participaram no estudo foi de 17,45 anos na turma experimental e 15,88 anos na turma controlo. Como já referimos, a turma inicial foi repartida no início do ano letivo (2016/2017) em função de ter um grande número de alunos com a disciplina de Física em atraso. Então, nas aulas desta disciplina, os alunos encontram-se em subturmas diferentes, constituindo as nossas turmas *Experimental B* e *Controlo B*, sendo a experimental os alunos com a disciplina em atraso. Segundo a professora entrevistada, são turmas com alunos maduros e comprometidos com as suas aprendizagens, na *Turma Experimental* são menos motivados e apresentam muitas dificuldades em nível dos conceitos de Física. Nestas duas turmas uma minoria dos alunos tem de aulas de apoio fora da escola.

Em relação às professoras participantes, são profissionais implicadas e preocupadas com o processo de ensino e aprendizagem. Têm mais de 30 anos de profissão, trabalharam por um tempo na orientação de estágios de mestrado em ensino. Sobre as práticas de ensino, estão em constante reflexão e em busca de novas estratégias para melhorar a motivação, as aprendizagens e o desempenho dos estudantes. Quanto ao uso das TIC nas suas aulas, trabalham com a projeção de *slides* em *PowerPoint*; quanto ao uso do QI, não o utilizam porque não tiveram formação específica para usá-lo de forma eficaz, com isso acabam por não ter uma perceção positiva em relação a este recurso. Quanto aos simuladores computacionais, as professoras destacam que existem muitos disponíveis na *Internet* para serem usados pelos professores, no entanto apresentaram alguns pontos negativos sobre esses simuladores: encontram-se

predominantemente em língua inglesa; apresentam demasiadas informações numa só tela; são limitados pedagogicamente, por não serem programados por profissionais com prática de aula; poucos exploram a parte conceitual da Física; não trazem consigo um guião de exploração didática. A *Professora A* utiliza quando possível alguma simulação computacional nas suas aulas, limitando-se aos simuladores que acompanham o manual adotado; já a *Professora B* não os utiliza, apresentando nas suas falas uma certa resistência a este RED.

Assim, pensando em resolver as problemáticas enunciadas pelas professoras, o dispositivo pedagógico implementado incluiu a sua participação em todas as etapas, ou seja, na elaboração, formação, aplicação e avaliação. Pretendeu-se criar um dispositivo que envolvesse professores e alunos no processo de ensino e aprendizagem e explorasse conceitos da Física que muitas vezes são difíceis de serem entendidos pelos alunos apenas com o uso do manual e de fichas de trabalho.

Depois de efetuado o processo de análise e de interpretação dos dados foi possível equacionar um conjunto de nove implicações, procurando responder às questões enunciadas na presente tese, no sentido de validar, valorizar, justificar e contribuir para o ensino de conceitos da Mecânica permeado pela combinação de um simulador computacional com o QI:

- (1) No que se refere às principais conclusões deste estudo, podemos afirmar que, de uma forma geral, as perceções dos alunos e das docentes que participaram na implementação do dispositivo pedagógico são globalmente positivas em relação ao mesmo. É possível destacar, ainda, que as perspetivas dos participantes foram, na maioria dos casos, convergentes no que diz respeito aos seus aspetos mais e menos positivos.
- (2) No que se refere às perceções dos alunos, a análise dos dados sugere que estes consideram que a aprendizagem dos conceitos é mais interessante, dinâmica e estimulante com a estratégia de combinação do simulador computacional com o QI, visto que o trabalho é desenvolvido em classe inteira, o que favorece a partilha de ideias, a participação e a motivação, o que corrobora a literatura existente (Hennessy *et al.*, 2005; Cardoso & Dickman, 2012; Valente, 2014). Sobre os objetivos do uso de um simulador

computacional nas aulas de Física, as respostas apontaram: testar e validar hipóteses; visualizar o fenómeno; compreender melhor as teorias. Os alunos na grande maioria classificaram de forma positiva o simulador utilizado na intervenção. Quanto ao QI também verificámos percepções convergentes no que diz respeito ao seu uso, classificando-o positivamente e destacando como principais vantagens do seu uso o entusiasmo, visualizar o conteúdo de forma interativa e compreender melhor os conceitos. Também a intervenção pedagógica foi avaliada positivamente em termos do envolvimento e da aprendizagem que permitiu.

- (3) Um dos contributos mais significativos do dispositivo pedagógico, na perspetiva das docentes, consistiu na transformação das pré-concepções em conhecimento científico, permitindo aos alunos uma melhor compreensão dos conceitos e, logo, um melhor desempenho na disciplina. O programa da disciplina de Física e Química A para os 10º e 11º anos aponta para a necessidade de consolidar, aprofundar e ampliar conhecimentos através da compreensão de conceitos, leis e teorias. Neste contexto, a aprendizagem permeada pelas TIC constitui uma estratégia pedagógica adequada à promoção e desenvolvimento dos saberes numa lógica de construção do conhecimento (Costa *et al.*, 2012). O tempo que se conseguiu permanecer numa mesma exploração do conteúdo é também realçado pelas professoras, sublinhando o impacto positivo na sua satisfação.
- (4) Relativamente ainda às percepções das professoras, destacam como principais contributos do uso do dispositivo pedagógico o impacto positivo ao nível da motivação dos alunos, que é considerado determinante para o sucesso da aprendizagem (Sckunk, 1995). A participação e a empolgação dos alunos na resolução das atividades são também destacadas pelas docentes, bem como as interações entre alunos, professora e dispositivo.
- (5) Relativamente aos pontos menos positivos, as limitações salientadas pelas professoras referem-se ao uso do QI, uma vez que consideram importante o treino, a prática frequente, caso contrário correm o risco de esquecer a sua aplicabilidade.
- (6) Relativamente ao impacto do dispositivo pedagógico nos processos e resultados dos alunos – aquilo que os alunos aprendem e a maneira como

aprendem – verificou-se que a natureza complexa e dinâmica do dispositivo permitiu uma melhor compreensão dos conceitos abordados na intervenção e da sua utilidade e relevância, trabalhando principalmente as pré-concepções existentes. A combinação dos recursos utilizados permitiu desenvolver nos alunos um conjunto de competências conceituais e de análise gráfica que se revelam cruciais para a aprendizagem da disciplina de Física. Quanto ao desempenho dos alunos houve ganhos de aprendizagem com o dispositivo pedagógico: as *Turmas Experimentais A e B* obtiveram, em média, melhores classificações do que os alunos das *Turmas Controlo A e B* nos testes aplicados pelas professoras. De um modo geral, os ganhos nas aprendizagens, competências e desempenho dos alunos, obtidos no âmbito desta investigação, revelam um balanço positivo na avaliação dos efeitos da combinação do simulador com o QI enquanto dispositivo pedagógico.

- (7) Através da análise das respostas dos alunos aos questionários, é possível inferir algumas considerações que nos parecem relevantes. Em primeiro lugar, em relação às competências de análise gráfica podemos concluir que houve melhorias nas respostas dos alunos ao relacionar gráficos com conceitos físicos, os alunos das *Turmas Experimentais* tiveram progressos maiores na aprendizagem conceitual do que os alunos das *Turmas Controlo*, conseguindo desenvolver melhor e mais corretamente as questões propostas. Em segundo lugar, em relação às competências ao nível da descrição do movimento, verificaram-se melhorias na interpretação e produção de representações variadas sobre o fenómeno observado por parte dos alunos das *Turmas Experimentais*. Por último, em terceiro lugar, em relação às pré-concepções detetadas no questionário aplicado antes da intervenção, os alunos das *Turmas Experimentais* tiveram um melhor desempenho no trabalho das pré-concepções, transformando-as em conhecimento científico, havendo assim mudança conceitual. Sendo assim, através da exploração do dispositivo pedagógico os conceitos foram trabalhados sobre as pré-concepções, promovendo a aprendizagem conceitual (Ishimoto, 2010).
- (8) Através da análise das respostas das professoras nas entrevistas é possível inferir alguns aspetos que nos parecem também relevantes. Em primeiro lugar, verificámos que houve uma mudança de atitude em relação aos

recursos digitais utilizados, principalmente em relação ao QI, sendo que nenhuma das professoras fazia uso deste recurso nas suas aulas e, com isso, tinham atitudes menos positivas em relação às vantagens da sua utilização. Alguns dos aspetos mais salientados por ambas foram: a possibilidade de estar à frente do QI e conseqüentemente do planeamento da aula sem precisar de se deslocar; os alunos virem até a frente da turma para trabalhar no QI; o trabalho no *flipchart*: construir materiais durante a aula, salvar e enviar aos alunos; mudança de atitudes sobre este recurso. Sobre ao simulador computacional, houve uma mudança positiva nas atitudes da Professora B que, antes do trabalho realizado, desde a conceção até a aplicação do simulador, não concebia este recurso como potencializando aprendizagens e, após todo este trabalho colaborativo e a intervenção, passou a ter atitudes positivas em relação ao seu uso nas aulas de Física. Quanto ao simulador computacional elaborado e implementado, as docentes consideraram ser uma mais-valia para as aprendizagens concetuais; auxilia na validação de conhecimentos; envolve os alunos no processo, com mobilização de competências metacognitivas; auxilia no teste e validação de hipóteses; podem ser explorados conteúdos do 10º e do 11º anos. Assim, o desenvolvimento do simulador computacional superou as necessidades das professoras participantes: um simulador em língua portuguesa, de simples utilização, que explorasse a parte concetual de temas da Mecânica e, que tivesse a opção de parar a simulação a qualquer instante. Em segundo lugar, verificámos a importância da componente formativa, na qual se trabalhou a parte técnica e a parte pedagógica dos RED. Na opinião das docentes o balanço é bastante positivo, dada a importância de metodologias ativas no contexto do ensino e aprendizagem da Física. Os recursos revelaram potencialidades no sentido de evitar a aprendizagem passiva, a desmotivação e o insucesso nesta disciplina.

- (9) As implicações dos recursos utilizados ao nível do trabalho das docentes constituíram outro aspeto a considerar na avaliação do impacto deste dispositivo pedagógico. Neste sentido, da análise dos dados emergiram, sobretudo, duas dimensões, nomeadamente, o trabalho colaborativo das docentes na elaboração do dispositivo pedagógico e a mudança de paradigma

acerca dos recursos utilizados. A primeira dimensão aponta para a grande problemática destacada pelas professoras sobre a elaboração dos RED ser realizada por profissionais que nem sempre atuam em sala de aula e com isso o potencial pedagógico de exploração acabar por ser limitado. O facto de a elaboração do dispositivo pedagógico utilizado neste estudo contar com a colaboração das professoras envolvidas, que durante as sessões de trabalho expuseram as suas perceções sobre um modelo eficaz de simulador computacional, auxiliando através da sua experiência em sala de aula em todas as etapas da sua construção, refletiu-se sobre a forma de implementar o dispositivo pedagógico nas aulas de Física. Após o trabalho de troca de opiniões, experiências e saberes elaborámos em conjunto o guião de atividades, para então iniciar a componente formativa individual das professoras. A segunda dimensão refere-se à mudança de atitudes das professoras em relação aos recursos utilizados, um processo que aconteceu ao longo do trabalho, ou seja, desde o início desta investigação, na recolha de informações sobre as suas práticas pedagógicas, sobre o atual ensino da Física, sobre as dificuldades e pré-conceções dos alunos, para então realizar a elaboração do dispositivo e a formação. Temos a consciência de que não foram momentos somente de satisfação, mas também de muitas angústias e incertezas, pois estávamos a propor um trabalho com recursos que não eram vistos como mais-valia para as aprendizagens, em particular o QI. Foram momentos de reflexões, partilhas de conhecimentos e experiências, estudos, muitas idas e vindas em torno dos recursos a utilizar até estar tudo pronto para a intervenção. Durante todo este processo fomos percebendo mudanças nas atitudes das professoras, que se foram transformando, de menos positivas a mais positivas, as angústias foram mudando para satisfação a cada sessão de trabalho, fomos percebendo a motivação e o envolvimento das professoras e o novo olhar sobre o uso dos RED. Sem dúvida este balanço positivo nos deixa ainda mais interessada em relação a esta estratégia de ensino.

- (10) Outro aspeto muito importante foi o guião de exploração didática, considerado pelas professoras um excelente material que as apoiará para futuras utilizações dos recursos. O guião foi planeado e elaborado com a

colaboração das professoras levando em consideração as reais necessidades para o ensino dos conceitos explorados na intervenção.

- (11) Para além de todas as implicações já mencionadas e do reconhecimento do contributo e validação do dispositivo pedagógico, foi também referido pelas docentes outro aspeto muito relevante, o facto do objeto desta investigação ter também despertado interesse noutros professores das escolas participantes, desafiando a estudos futuros e também a colaboração interpares (entre docentes).

Em jeito de conclusão, podemos dizer que o balanço desta experiência é claramente positivo, quer para os alunos, quer para as docentes envolvidas. São de realçar ainda as contribuições que o presente estudo teve na formação da investigadora como professora. Permitiu-nos uma atualização de conhecimentos sobre o estado da arte relativa aos RED, nomeadamente o simulador computacional e o QI, no contexto do ensino e aprendizagem da Física e a fundamentação epistemológica das práticas pedagógicas.

O conhecimento e a reflexão gerados em torno do objeto de estudo foram fundamentais para uma nova visão da forma de pensar e implementar as TIC no ensino e aprendizagem de conceitos da Física, nomeadamente nos temas da Mecânica. Com efeito, após conhecer e vivenciar o ensino de Física em Portugal, o maior contributo do presente estudo para a investigadora como professora foi, precisamente, a reflexão sobre a sua ação didática, como a própria tem lecionado as respetivas aulas e implementado o processo ensino e aprendizagem.

Limitações do presente estudo e sugestões para futuros trabalhos

Embora consideremos que os objetivos da nossa investigação foram alcançados, deparámo-nos com algumas limitações no decorrer da mesma.

Não encontramos na literatura trabalhos produzidos neste âmbito, o mais próximo da nossa temática é o trabalho de Betcher e Lee (2009), que faz referência ao uso de um *software* de Matemática, o *GeoGebra*, para ser explorado no QI. Isto levou-nos a concluir que é uma temática ainda pouco explorada, o que justifica a pertinência do estudo.

Outra limitação encontrada, ao nível de escola, foi o facto da cobertura da rede informática ser limitada, o que não permitiu serem conectados nas salas de aula onde se encontravam os QIs os computadores pessoais das professoras.

Também outra limitação foi a falta de permissão das professoras para a instalação de *software* nos computadores das escolas, com isso ficámos a depender de outro profissional, do setor informático, para fazer a instalação do *VPython* e também a atualização do *software* dos QIs, já que este encontrava-se desatualizado.

As conclusões deste estudo levantam ainda algumas recomendações para futuros trabalhos de investigação:

- Seria importante implementar esta mesma estratégia em formação inicial de professores, para que os futuros docentes pudessem refletir desde cedo sobre esta temática e mais tarde vir a implementá-la e a validá-la nos seus estágios.
- As professoras envolvidas nesta investigação também manifestaram a opinião de que se a formação em QI, na época em que chegou às escolas, tivesse sido específica, poderiam estar a usar este recurso antes desta investigação. Dessa forma, seria interessante implementar as propostas que deixamos, da combinação de um simulador computacional com um QI como um dispositivo pedagógico para ensinar conceitos de temas da Mecânica, em ações de formação contínua, bem como estudar as perceções de professores e alunos sobre essa mesma implementação.
- Também pensamos ser interessante desenvolver um estudo em profundidade e longitudinal, acompanhando as mesmas docentes que participaram neste estudo, noutros anos letivos e, eventualmente, noutros anos de escolaridade.

Acreditamos que os nossos resultados podem contribuir para outro pensar e agir nos processos de ensino e de aprendizagem da Física. Assim, consideramos o investimento neste estudo, inovador, interessante, relevante, pertinente, encerrando algum potencial para gerar novo conhecimento.

Reconhecemos que o nosso estudo engloba aspetos que poderiam ser diferentes, para melhor, ficando em aberto para ser alargado e continuado.

Por fim, não podemos finalizar esta tese sem salientar o nosso crescimento pessoal e profissional com o culminar desta investigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberto, P., Fiolhais, C., & Paiva, J. (1998). The softsciences project - software for learning physics and other sciences. *Proceedings Conference on Computational Physics* (pp. 137-159). Granada, Espanha: Europhysics Conference Abstracts.
- Amado, J., & Ferreira, S. (2013). A entrevista na investigação educacional. In: J. Amado (Ed.), *Manual de Investigação Qualitativa em Educação* (pp. 207-232). Coimbra, Portugal: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Amado, J., & Freire, I. (2013). Estudo de caso na investigação em educação. In: J. Amado (Ed.), *Manual de investigação qualitativa na educação* (pp. 121-143). Coimbra, Portugal: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (Eds.) (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Allyn & Bacon. Boston, MA (Pearson Education Group).
- Araújo, I. S., & Veit, E. A. (2008). Interatividade em recursos computacionais aplicados ao ensino-aprendizagem da Física. *14ª Jornada Nacional de Educação: A Educação na Sociedade dos Meios Virtuais*. Santa Maria: Unifra.
- Araújo, I. S., Veit, E. A., & Moreira, M. A. (2008). Physics students' performance using computational modeling activities to improve kinematics graphs interpretation. *Computers & Education*, 50 (4), 1128-1140.
- Ausubel, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.
- Balancho, M., & Coelho, F. (1996). *Motivar os alunos – criatividade na relação pedagógica: conceitos e práticas*. Lisboa: Texto Editora.

- Balanskat, A., Blamire, R., & Kefala, S. (2006). *ICT impact report - A review of studies of ICT impact on schools in Europe*. (E. Commission, Ed.) European Communities: European Schoolnet.
- Bardin, L. (2014). *Análise de conteúdo* (4ª ed.). Lisboa: Edições 70.
- Barniol, P., & Zavala, G. (2014). Force, velocity, and work: The effects of different contexts on students' understanding of vector concepts using isomorphic problems. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10 (2), 1-15.
- Baylor, A. L., & Ritchie, D. (2002). What factors facilitate teacher skill, teacher morale and perceived student learning in technology-using classrooms? *Computers & Education*, 39 (4), 395-414.
- Beauchamp, G., & Prakinson, J. (2005). Beyond the 'wow' factor: Developing interactivity with the interactive whiteboard. *School Science Review*, 86 (3), 97-103.
- BECTA. (2003). What the research says about interactive whiteboards. Acesso em 11 de outubro de 2015, disponível em http://39lu337z5111zjr1i1ntpio4.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/04/wtrs_07_whiteboards.pdf
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62 (8), 750-762.
- Beichner, R. J. (1996). The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. *American Journal of Physics*, 64 (10), 1272-1277.
- Bell, J. (2002). *Como realizar um projeto de investigação: Um guia para a pesquisa em ciências sociais e da educação* (2ª ed.). Lisboa: Gradiva.
- Bell, M. A. (2002). Why use an interactive whiteboard? A baker's dozen reasons! *Teachers Net Gazette*, 3 (1).
- Betcher, C., & Lee, M. (2009). *The interactive whiteboard revolution: Teaching with IWBs*. Australia: ACER Press.
- Bezerra, D. P., Gomes, E. C., Melo, E. S., & Sousa, T. C. (2009). A evolução do ensino da Física: perspectiva docente. *Scientia Plena*, 5 (9), 1-8.

- Black, P., & Solomon, J. (1983). *Life-world and science world-pupils' ideas about energy, entropy in the school* (Vol. I). Budapest: Roland Eotvos Physical Society.
- Blake, C., & Scanlon, E. (2007). Reconsidering simulations in science education at a distance: Features of effective use. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23 (6), 491-502.
- Bloom, B., Englehart, M., Furst, E. & Hill, W. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals* (Vol. I). New York, Toronto: Longmans, Green.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação – Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Boruchovitch, E., & Bzuneck, J. A. (Eds.) (2004). *A motivação do aluno: Contribuições da psicologia contemporânea* (4ª ed.). Petrópolis, RJ: Vozes.
- Brasell, H. M., & Rowe, B. M. (1993). Graphing skills among high school physics students. *School Science Mathematics*, 93 (2), 63-70.
- Brook, A., & Driver, R. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of energy: Full report*. Leeds, UK: The University of Leeds, Centre for Studies in Science Education and Mathematics Education.
- Brown, D. (1989). Students' concept of force: The importance of understanding Newton's third law. *Physics Education*, 24, 353-358.
- Brown, D., & Hammer, D. (2008). Conceptual change in physics. In: S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 127-154). New York: Routledge.
- Cachapuz, A., & Martins, I. (1987). High school student's ideas about energy of chemical reactions. *Proceedings of the Second International Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (pp. 60-66). Ithaca, NY: Cornell University.
- Campbell, C., & Martin, D. (2010). Interactive whiteboards and the first year experience: Integrating IWBs into pre-service teacher education. *Australian Journal of Teacher Education*, 35(6), 68-75.

- Campbell, D., & Stanley, J. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research. In: N. L. Gage (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 1-76). Chicago: Rand McNally.
- Cardoso, S. O., & Dickman, A. G. (2012). Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29 (Especial 2), 891-934.
- Carvalho, P. S. (2015). As animações virtuais no ensino interativo de Física. *Revista de Ciências Elementar*, 3 (1), 1-4.
- Castro, C. (2014). *A utilização de recursos educativos digitais no processo de ensinar e aprender: Práticas dos professores e perspectivas dos especialistas*. Tese de doutoramento em Ciências da Educação. Lisboa: Universidade de Lisboa.
- Cavenaghi, A. R. (2009). Uma perspectiva autodeterminada da motivação para aprender língua estrangeira no contexto escolar. *Ciências & Cognição*, 14, 248-261.
- Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H. Y., & Sung, Y. T. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education*, 51 (4), 1486-1498.
- Chatfield, T. (2003). *Como aproveitar ao máximo a era digital*. Lisboa: Lua de Papel.
- Chi, M. T., Slotta, J. D., & De Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4 (1), 27-43.
- Christensen, W. M., & Thompson, J. R. (2012). Investigating graphical representations of slope and derivative without a physics context. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8 (2), 1-5.
- Clement, J. (1982). Student's preconceptions in introduction mechanics. *American Journal of Physics*, 50 (1), 66-71.
- Clement, J. (1989). The concept of variation and misconceptions in cartesian graphing. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 11 (77), 77-87.

- Coelho, J. D., Monteiro, A., Veiga, P., & Tomé, F. (1997). *The green paper on the information society in Portugal*. Lisbon: Mission for the Information Society/Ministry of Science and Technology.
- Conklin, J. (2005). A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Blooms's taxonomy of educational objectives. *Educational Horizons*, 83 (3), 153-159.
- Costa, F. A., Cruz, E., Fradão, S., & Rodriguez, C. (2012). *Repensar as TIC na educação. O professor como agente transformador*. Lisboa: Santillana.
- Coutinho, C. P. (2009). Tecnologias Web 2.0 na sala de aula: Três propostas de futuros professores de português. *Educação, Formação & Tecnologias*, 2 (1), 75-86.
- Cox, M. J., & Marshall, G. (2007). Effects of ICT: Do we know what we should know? *Education and Information Technologies*, 12 (2), 59-70.
- Creswell, J. W. (2010). *Projeto de pesquisa: Método qualitativo, quantitativo e misto* (3ª ed.). Porto Alegre, Brasil: Artmed.
- Crouch, C. H., Fagen, A. P., Callan, J. P., & Mazur, E. (2004). Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment? *American Journal of Physics*, 72 (6), 835-838.
- Cruz, S., & Lencastre, J. A. (2013). O quadro interativo multimédia como recurso pedagógico para o professor. *Atas do XII Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia* (pp. 6547-6558). Braga: Universidade do Minho.
- de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-202.
- Duarte, S. M. (2015). *A liderança e a implementação do Plano Tecnológico de Educação nas escolas portuguesas*. Tese de doutoramento em Ciências da Educação. Lisboa: Universidade Aberta.
- Duit, R. (1981). Students notions about the energy concept before and after physics instruction. *Problems concerning students' representation of physics and chemistry knowledge* (pp. 268-319). Ludwigsburg: Jung, Pfundt and Rnoneck.

- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25 (6), 671-688.
- Duran, M. J., Gallardo, S., Toral, S. L., Martinez-Torres, R., & Barrero, F. J. (2007). A learning methodology using Matlab/Simulink for undergraduate electrical engineering courses attending to learner satisfaction outcomes. *International Journal of Technology and Design Education*, 17 (1), 55-73.
- Engle, R. A., & Conant, F. R. (2002). Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: Explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction*, 20 (4), 399-483.
- Estrela, A. (1984). *Teoria e prática de observação de classes: Uma estratégia de formação de professores*. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Científica.
- Ferreira, A. P. (2011). *Utilização dos quadros interativos multimédia em contexto educativo: Estudo de caso numa escola do ensino básico*. Bragança: Escola Superior de Educação de Bragança.
- Festas, M. I. (2009). Dificuldades de ensino e de aprendizagem. In: C. Reis, J. Boavida, & V. Bento, *Escola: Problemas e desafios* (1ª ed., pp. 47-60). Guarda: Centro de Estudos Ibéricos.
- Fiolhais, C., & Trindade, J. A. (2003). Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das Ciências Físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25 (3), 259-272.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring. A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34 (10), 906-911.
- Flavell, J. H., Miller, H. P., & Miller, S. A. (1999). *Desenvolvimento cognitivo*. Porto Alegre: Artmed.
- Flores, S., Kanim, S. E., & Kautz, C. H. (2004). Student use of vectors in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 72 (4), 460-468.
- Foizy, L.-M., Potvin, P., Riopel, M., & Masson, S. (2015). Is inhibition involved in overcoming a common physics misconception in mechanics? *Trend in Neuroscience and Education*, 4, 26-36.

- Fortin, M. F. (2003). *O processo de investigação: Da conceção à realização* (3ª ed.). Loures: Lusociência.
- Gagné, R. M. (1985). *The conditions of learning* (4ª ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Gamble, R. (1989). Force. *Physics Education*, 24, 79-82.
- GEPE (2008). Estudo de Diagnóstico: a modernização tecnológica do sistema de ensino em Portugal. Principais resultados. Lisboa: GEPE, Ministério da Educação. Acedido em 14 de agosto de 2016 em: [http://www.dgeec.mec.pt/np4/100/%7B\\$clientServletPath%7D/?newsId=160&fileName=mt_ensino_portugal.pdf](http://www.dgeec.mec.pt/np4/100/%7B$clientServletPath%7D/?newsId=160&fileName=mt_ensino_portugal.pdf)
- GEPE (2009a). Competências TIC: Estudo de implementação. Vol.2. Lisboa: GEPE, Ministério da Educação. Acedido em 14 de agosto de 2016 em: [http://www.dgeec.mec.pt/np4/%7B\\$clientServletPath%7D/?newsId=245&fileName=Competencias_TIC_Estudo_de_Implementa_.pdf](http://www.dgeec.mec.pt/np4/%7B$clientServletPath%7D/?newsId=245&fileName=Competencias_TIC_Estudo_de_Implementa_.pdf)
- GEPE (2009b). *Kit Tecnológico. Estudo de Implementação*. Lisboa: Gabinete de Estatística e Planeamento Educacional (GEPE). Acedido em 16 de outubro de 2016 em: [http://www.dgeec.mec.pt/np4/%7B\\$clientServletPath%7D/?newsId=245&fileName=Kit_Tecnol_gico_Estudo_de_Implementa_o.pdf](http://www.dgeec.mec.pt/np4/%7B$clientServletPath%7D/?newsId=245&fileName=Kit_Tecnol_gico_Estudo_de_Implementa_o.pdf)
- Gil, A. C. (1999). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (5ª ed.). São Paulo, Brasil: Atlas.
- _____(2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6ª ed.). São Paulo, Brasil: Atlas.
- Glover, D., & Miller, D. (2009). Optimising the use of interactive whiteboards: an application of developmental work research (DWR) in the United Kingdom. *Professional Development in Education*, 35 (3), 469-483.
- Glover, D., Miller, D., & Averis, D. (2005). *Developing pedagogic skills for the use of the interactive whiteboard in Mathematics*. Acedido em 8 de dezembro de 2016, em

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.473.2146&rep=rep1&type=pdf>

- Glover, D., Miller, D., Averis, D., & Door, V. (2007). The evolution of an effective pedagogy for teachers using the interactive whiteboard and modern languages: An empirical analysis from the secondary sectors. *Learning, Media and Technology*, 32 (1), 5-20.
- Gobert, J. D. (2005). Grasping leveraging technology and cognitive theory on visualization to promote students' learning. In: J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education* (pp. 73-90). Dordrecht: Springer.
- Gómez, C. H., Morales, P. T., & Fernández, M. G. (2010). La utilización conjunta de la pizarra digital interactiva y el sistema de participación senteo: Una experiencia universitária. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 36, 203-214.
- Hall, I., & Higgins, S. (2005). Primary school students' perceptions of interactive whiteboards. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21, 102-117.
- Heckler, A. F., & Scaife, T. M. (2015). Adding and subtracting vectors: The problem with the arrow representation. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 11 (1), 1-17.
- Henderson, V. L., & Dweck, C. S. (1990). Motivation and achievement. In: S. S. Feldman, & G. R. Elliot, *At the threshold: The developing adolescent* (pp. 308-329). Cambridge: Harvard University Press.
- Hennessy, S., Ruthven, K., & Brindley, S. (2005). Teacher perspectives on integrating ICT into subject teaching: Commitment, constraints, caution and change. *Journal of Curriculum Studies*, 37, 155-192.
- Hennessy, S., Wishart, J., Whitelock, D., Deaney, R., Brawn, R., la Velle, L., McFarlane, A., Kenneth, R. & Winterbottom, M. (2007). Pedagogical approaches for technology-integrated science teaching. *Computers & Education*, 48 (1), 137-152.
- Henssonow, S. F., Surhone, L. M., Tennoe, M. T. (2010). VPython: Carnegie mellon, object programming. EUA: Betascript Pub.

- Ishimoto, M. (2010). Preconceptions of Japanese students surveyed using the force and motion conceptual evaluation. *International Conference on Physics Education* (pp. 147-150). Bangkok: AIP Conference Proceedings.
- Jimoyiannis, A. (2008). Computer simulations and scientific knowledge construction. In: A. Cartelli, & M. Palma (Eds.), *Encyclopedia of information communication* (pp. 106-120). Hershey, PA: IGI Global.
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36, 183-204.
- Jonassen, D. H. (2000). *Computers as mindtools for schools: Engaging critical thinking* (2ª ed.). Columbus, OH: Merrill/Prentice-Hall.
- Jonassen, D. H., Howland, J., Moore, J., & Marra, R. M. (2003). *Learning to solve problems with technology: A constructivist perspective* (2ª ed.). Columbus, OH: Merrill/Prentice-Hall.
- Kennewell, S. (2001). Interactive whiteboards - yet another solution looking for a problem to solve? *Information Technology in Teacher Education*, 39, 2-6.
- Klem, A., & Connel, J. (2004). Relationship matter: Linking teacher support to student engagement and achievement. *Journal of School Health*, 74 (7), 262-273.
- Knight, R. D. (1995). Vector knowledge of beginning physics students. *The Physics Teacher*, 33 (2), 74-78.
- Kopcha, T. J. (2012). Teachers' perceptions of the barriers to technology integration and practices with technology under situated professional development. *Computers & Education*, 59(4), 1109-1121.
- Kruger, C., & Summers, M. (1988). Primary school teachers' understanding of science concepts. *Journal of Education for Teaching*, 14 (3), 259-265.
- Lai, E. (2011). *Motivation: A literature review*. Fonte: Pearson: <http://www.pearsonassessments.com/research.html>
- Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (2003). *Fundamentos de metodologia científica* (5ª ed.). São Paulo, Brasil: Atlas.

- Latvala, E., Vuokila-Oikonen, P., & Janhonen, S. (2000). Videotaped recording as a method of participant observation in psychiatric nursing research. *Journal Advanced Nursing*, 31 (5), 1252-1257.
- Lee, G., & Byun, T. (2012). An explanation for the difficulty of leading conceptual change using a counterintuitive demonstration: The relationship between cognitive conflict and responses. *Research in Science Education*, 42 (5), 943-965.
- Lee, W. P., & Hwan, C. L. (2015). A computer simulation in mechanics teaching and learning: A case study in circular motions. *Computer Applications in Engineering Education*, 23 (6), 865-871.
- Levy, P. (2002). *Interactive whiteboards in learning and teaching in two Sheffield school: A developmental study*. Sheffield Excellence in Cities Partnership.
- Loizos, P. (2002). Vídeo, filme e fotografias como documentos de pesquisa. In: M. Bauer, & G. Gaskell (Eds.), *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: Um manual prático* (pp. 137-155). Petrópolis, Brasil: Vozes.
- Lopes, J. B. (2004). *Aprender e ensinar Física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian: Fundação para a Ciência e Tecnologia.
- Lopes, J. (2011). A tecnologia na ótica dos professores: Análise da integração entre conhecimentos pedagógicos, tecnológicos e do conteúdo. *XIII CIAEM-IACME (Conferência Interamericana de Educação Matemática)*. Recife, Brasil:
- López, S., Veit, E. A., & Araújo, I. S. (2016). Una revision de literatura sobre el uso de modelación y simulación computacional para la enseñanza de la Física en la educación básica y media. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38 (2), e2401.
- Machado, C. A.; Alberto, P. V.; Nascimento, M. A. (2015). On the interactive whiteboard Simulator – Impacts on learning physical education. In: HOPE annual forum 2015, Coimbra, Portugal, 9-12 setembro, p. 44. Disponível em: http://hopenetwork.eu/sites/default/files/event/Booklet_9sept.pdf
- Machado, C. A.; Alberto, P. V.; Nascimento, M. A. (2016). Combinando a simulação com o quadro interativo para o ensino e aprendizagem da Física. In:

- TicEduca2016 – IV International congress ICT and Education, Lisboa, Portugal, 8-9 setembro, pp. 488-497. Disponível em: <http://ticeduca2016.ie.ulisboa.pt/>
- Machado, C. A.; Alberto, P. V.; Nascimento, M. A. (2017a). Combining two computational tools for teaching and learning physics. *In: International Conference New Perspectives in Science Education, Florença, Itália, 16-17 março, 6th Edition, pp.110-114.* Disponível em: <https://www.google.pt/search?hl=pt-PT&tbo=p&tbm=bks&q=isbn:8862928475>
- Machado, C. A.; Alberto, P. V.; Nascimento, M. A. (2017b). Contexto digital no ensino da Física. *In: Challenges 2017: Learning in the Clouds, Braga, Portugal, 8-10 maio, pp. 921-934.* Disponível em: <http://www.nonio.uminho.pt/challenges/atas/>
- Markwell, D. (2007). *The challenge of student engagement.* Australia: University of Western.
- Marques, S. E. (2011). *Simulações computacionais no ensino do equilíbrio químico.* Departamento da Educação. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Martins, A. (Ed.) (2005). *O livro branco da Física e da Química - Opiniões dos alunos 2003.* Lisboa: Sociedade Portuguesa de Física e Sociedade Portuguesa de Química.
- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., & Van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55 (6), 503-513.
- MEC. (2015). Programa e metas curriculares de Física e Química A. Direção-Geral da Educação. Acedido em 7 de julho de 2015 em: <http://www.dge.mec.pt/fisica-e-quimica-0>
- Medeiros, A., & Medeiros, C. F. (2002). Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24 (2), 77-86.
- Meireles, A. (2006). *Uso de quadros interactivos em educação: Uma experiência em Físico-Química com vantagens e resistências.* Tese de mestrado em Educação Multimédia. Porto: Universidade do Porto.

- Mercer, N., Hennessy, S., & Warwick, P. (Eds.) (2010). Using interactive whiteboards to orchestrate classroom dialogue. *Themed issue of Technology, Pedagogy and Education on Interactive Whole Class Technologies*, 19 (2), 195-209.
- Miranda, G. L. (2007). Limites e possibilidades das TIC na educação. *Revista de Ciências da Educação*, 3, 41-50.
- Moss, G., Jewitt, C., Levaãç, R., Armstrong, V., Cardini, A., & Castle, F. (2007). *The interactive whiteboards, pedagogy and pupil performance evaluation: An evaluation of the schools whiteboard expansion (SWE) project: London Challenge*. London: DfES Research Report Paper 816.
- Murray, E. J. (1986). *Motivação e emoção*. Rio de Janeiro, Brasil: Guanabara-Koogan.
- Nixon, R. S., Godfrey, T. J., Mayhew, N. T., & Wiegert, C. C. (2016). Undergraduate student construction and interpretation of graphs in physics lab activities. *Physical Review Physics Education Research*, 12 (1), 1-19.
- OECD. (2010). *Inspired by technology, driven by pedagogy. A systemic approach to technology-based school innovations*. CERI/OECD.
- Ogborn, J. (1986). Energy and fuel: The meaning of the go of things. *School Science Review*, 68 (242), 30-35.
- Ogborn, J. (1990). Energy, change, difference and danger. *School Science Review*, 72 (259), 81-85.
- Paiva, J. C., & Alves da Costa, L. (2005). Roteiros de exploração: Valorização pedagógica de software educativo de química. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 96, 64-66.
- Palmer, D. (2007). What is the best way to motivate students in science? *Teaching Science*, 53 (1), 38-43.
- Peduzzi, L. O., Zylbersztajn, A., & Moreira, M. A. (1992). As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história da ciência numa sequência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 14 (4), 239-246.

- Piaget, J. (1987). *O nascimento da inteligência na criança* (4 ed.). Rio de Janeiro: Guanabarra.
- Pinheiro, E. M., Kakehashi, T. Y., & Angelo, M. (2005). O uso de filmagem em pesquisas qualitativas. *Revista Latinoamericana de Enfermagem*, 13 (5), 717-722.
- Planinic, M., Milin-Sipus, Z., Katic, H., Susac, A., & Ivanjek, L. (2012). Comparison of student understanding of line graph slope in physics and mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10 (6), 1393-1414.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2), 211-227.
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. V. (2008). *Manual de investigação em ciências sociais* (5ª ed.). Lisboa: Gradiva.
- Ramos, J. L. (2013). Recursos educativos digitais potencialmente inovadores ou oportunidades de acrescentar valor à aprendizagem. In: M. E. Almeida, & P. Dias (Eds.), *Cenários de Inovação para a Educação na Sociedade Digital* (pp. 87-122). São Paulo: Edições Loyola.
- Ramos, J. L., Teodoro, J. P., & Ferreira, F. M. (2011). Recursos educativos digitais: Reflexões sobre a prática. *Cadernos SACAUSEF VIII*, 11-35. Acedido em 13 de janeiro de 2017 em: http://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/5051/1/1330429397_Sacausef7_11_35_RED_reflexoes_pratica.pdf
- Rebelo, J. A. (2009). Dificuldades de ensino e aprendizagem. In: C. Reis, J. Boavida, & V. Bento, *Escola: Problemas e desafios* (pp. 33-46). Guarda: Centro de Estudos Ibéricos.
- Recchi, M., Gagliardi, M., Grimellini, N., & Levrini, O. (2006). Different uses of ICT for modelling in Physics education: Three examples. *GIREP Conference 2006, Modelling in Physics and Physics Education* (pp. 409-416). Amsterdam, NH: University of Amsterdam.

- Reif, F. (2008). *Applying cognitive science to education: Thinking and learning in scientific and other complex domains*. Cambridge: MA: MIT Press.
- Rose, D., & Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal design for learning*. Alexandria, VA: ASCD.
- Rudio, F. V. (2011). *Introdução ao projeto de pesquisa científica* (39ª ed.). Petrópolis, Brasil: Vozes.
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58 (1), 136-153.
- Sadanand, N., & Kess, J. (1990). Concepts in force and motion. *The Physics Teacher*, 530-533.
- Sampaio, P. A., & Coutinho, C. P. (2013). Quadros interativos na educação: Uma avaliação a partir das pesquisas da área. *Revista Educação e Pesquisa*, 39 (3), 741-756.
- Schunk, D. H. (1995). Self-efficacy and education and instruction. In: J. E. Maddux, *Self-efficacy, adaptation, and adjustment: Theory, research, and applications* (pp. 281-303). New York: Plenum.
- Scott, P., Asoko, H. M., & Driver, R. (1992). Teaching for conceptual change: A review of strategies. In: R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp.71-78). Kiel, Germany: IPN.
- Shaffer, P. S., & McDermott, L. C. (2005). A research-based approach to improving student understanding of the vector nature of kinematical concepts. *American Journal of Physics*, 73 (10), 921-931.
- Silva, F. V., & Torres, J. M. (2009). Avaliação da utilização em sala de aula de um quadro digital interativo baseado no WIIMOTE. *Revista da Faculdade de Ciências e Tecnologia*, 10 (6), 34-45.
- Silva, J. (2013). *O trabalho prático como um dispositivo pedagógico no ensino e na aprendizagem da Biologia e da Geologia: Possibilidades e limitações*. Porto, Portugal: Universidade Portucalense.

- Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34 (9), 1337-1370.
- Smith, H. J., Higgins, S., Wall, K., & Miller, J. (2005). Interactive whiteboards: Boon or bandwagon? A critical review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21 (2), 91-101.
- Smith, J. P., Disessa, A. A., & Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: a constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Science*, 3 (2), 115-163.
- Smith, R. D. (July de 2000). *Simulation*. Acedido em 11 de dezembro de 2016 em: <http://www.modelbenders.com/encyclopedia/encyclopedia.html>
- Stead, B. (1980). *Energy, learning in science project*. New Zeland: University of Waikato.
- Teodoro, V. D., Vieira, J. P., & Clérigo, F. C. (1997). *Modellus, interactive modelling with mathematics*. San Mateo, CA: Knowledge Revolution.
- Teodoro, V. T. (2002). *Modellus: Learning physics with mathematical modelling*. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- Teodoro, V. T., Schwartz, J. L., & Neves, R. G. (2012). Cognitive artifacts, technology and physics learning. In: N. M. Seel, *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 572-576). Freiburg: Springer.
- Thornton, R. K., & Sokoloff, D. R. (1990). Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools. *American Journal of Physics*, 58 (9), 858-867.
- Tuckman, B. (2010). *Manual de investigação em educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Türel, Y. K., & Johnson, T. E. (2012). Teachers' belief and use of interactive whiteboards for teaching and learning. *Educational Technology & Society*, 15 (1), 381-394.
- Turner, J. C. (1995). The influence of classroom contexts on young children's motivation for literacy. *Reading Research Quarterly*, 30 (3), 410-441.

- Valente, J. A. (2014). Blended learning e as mudanças no ensino superior: A proposta da sala de aula invertida. *Educar em Revista, Edição Especial*(4), 79-97.
- Valente, M. O., Salema, M. H., Morais, M. M., & Cruz, M. N. (1989). A metacognição. *Revista de Educação, 1* (3), 47-51.
- Vasconcelos, N. (1985). *Estudo de noções dos alunos sobre a existência (ou não existência) de forças em dadas direções: Sua evolução com o nível etário e formação científica em Física dos alunos*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Veiga, F., Pavlovic, Z., García, F., & Ochoa, M. (2010). Escala de envolvimento dos alunos na escola: Adaptação portuguesa da "Student Engagement in School Scale". *Atas do I Seminário Internacional "Contributo da psicologia em contextos educativos"* (pp. 401-408). Braga: Universidade do Minho.
- Veraszto, E. V., Camargo, J. T., Lopes, J. C., Santos, J. d., & Camargo, E. P. (2015). Proposta para o uso didático da computação gráfica no ensino de conceitos da Física. *Ciência & Ensino, 4* (1), 42-51.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous ways of reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education, 1* (2), 205-221.
- Viennot, L. (2008). Learning and conceptual understanding: Beyond simplistic ideas, what have we learned? In: E. Sassi, & M. Vicentini (Eds.), *Connecting research in physics education with teacher* (Vol. 2, pp. 1-17). Itália: ICPE.
- Vilelas, J. (2009). *Investigação: O processo de construção do conhecimento*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction, 4* (1), 45-69.
- Vygostky, L. S. (2001). *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo, Brasil: Editora Martins Fontes.
- Watts, D. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education, 18* (5), 213-217.
- Watts, D. M., & Zylbersztajn, A. (1981). Survey of some children's ideas about force. *Physics Education, 16* (6), 360-365.

- Watts, M., & Gilbert, J. (1983). Enigmas in school science: Students' conceptions for scientifically associated words. *Research in Science and Technological Education*, 1 (2), 161-171.
- Wolff, J. F. (2008). Avaliação de softwares educacionais: critérios para seleção de softwares educacionais para ensino de matemática. *Ciência e Conhecimento - Revista Eletrônica da Ulbra*, 3, 1-14.
- Zacharia, C. Z., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21 (3), 317-331.
- Zavala, G., & Barniol, P. (2013). Students' understanding of dot product as a projection in no-context, work and electric flux problems. *Physics Education Research Conference 2012* (pp. 438-441). Philadelphia: AIP Conference Proceedings.

Legislação consultada:

- Resolução do Conselho de Ministros n.º 137/2007. Diário da República, 1.ª série — N.º 180 de 18 de Setembro de 2007 (Aprova o Plano Tecnológico da Educação).
- Despacho n.º 143/2008 de 3 de Janeiro de 2008 (Aprova o Modelo Orgânico e Operacional do Plano Tecnológico da Educação).
- Portaria n.º 243/2012, de 10 de Agosto de 2012 (Define o regime de organização e funcionamento dos cursos científico-humanísticos de Ciências e Tecnologias, de Ciências Socioeconómicas, de Línguas e Humanidades e de Artes Visuais, ministrados em estabelecimentos de ensino público, particular e cooperativo, e estabelece os princípios e os procedimentos a observar na avaliação e certificação dos alunos).
- Despacho n.º 868-B/2014, de 20 de Janeiro de 2014 (Homologa os Programas das disciplinas de Português, de Matemática e de Físico-Química do Ensino Secundário e as Metas Curriculares das disciplinas de Português, Matemática, Físico-Química e Física e Química do Ensino Secundário).

ANEXOS

ANEXOS 1

ENTREVISTAS

ANEXO 1.1

GUIÃO DE ENTREVISTA ÀS PROFESSORAS ANTES DA INTERVENÇÃO

GUIÃO DE ENTREVISTA ÀS DOCENTES – ANTES DA INTERVENÇÃO

Entrevistadora: _____

Entrevistada: _____

Data: ___/___/_____ Local: _____

Recursos: _____

Hora do início: _____ Hora do término: _____

BLOCOS	OBJETIVO DO BLOCO	QUESTÕES ORIENTADORAS	PERGUNTAS DE RECURSO E DE AFERIÇÃO
BLOCO 1- Legitimação da entrevista	Explicar a situação. Criar ambiente propício.	Agradecer a disponibilidade; informar sobre o uso do gravador; assegurar o caráter confidencial destas informações; explicar o problema, os objetivos e os benefícios do estudo, explicar o procedimento.	
BLOCO 2 – Caracterização da escola e dos alunos	Obter dados sobre a escola e alunos	Pedir para caracterizar a escola em termos de espaço e equipamentos; pedir para caracterizar os alunos da turma quanto a aproveitamento, comportamento, nível socioeconómico, motivação dos alunos.	Caracteriza a escola em termos gerais – em termos dos espaços dos equipamentos – principalmente no que diz respeito ao nosso grupo disciplinar. Caracteriza agora a turma, quanto aproveitamento, comportamento e motivação.
BLOCO 3 –	Obter dados sobre a	Pedir dados pessoais da professora entrevistado	-Idade;

Caracterização da professora	professora		<ul style="list-style-type: none"> -Grau (s) académico (s) e instituição onde obteve a (s) habilitação (ões) referida (s); -Há quantos anos leciona; -Que nível/níveis de ensino leciona; -Há quantos anos leciona a disciplina de físico-químico do 10º ano/11º ano; - Há quanto tempo trabalha nesta escola; - Como se define em termos de perspetiva de ensino e de metodologias de ensino/aprendizagem que implementa; - Quais as principais preocupações pedagógicas; - Como acontece a sua formação continuada.
BLOCO 4 – Identificação das pré-concepções	Obter dados sobre as principais pré-concepções identificadas pela professora na turma.	Pedir para identificar as principais pré-concepções observadas na turma experimental.	<ul style="list-style-type: none"> -Quais são as principais pré-concepções existentes sobre este conteúdo; - De que maneira as identifica; - De que maneira as trabalha para transformá-las em conceitos científicos; - Como acontece esta mudança.
BLOCO 5 – Prática pedagógica	Obter dados sobre a prática pedagógica na área da Física no ensino secundário	Conte como é a sua prática pedagógica.	<ul style="list-style-type: none"> Como são desenvolvidas as suas aulas; Como ocorre o planeamento das aulas; Há trocas com os pares sobre a aplicação do currículo; De que maneira são elaborados os testes;
BLOCO 6 – Os Quadros Interativos	Obter dados sobre os QIs	Fale sobre suas experiências com o QI	<ul style="list-style-type: none"> - Já teve formação acerca do uso do QI; - Utiliza o QI em suas aulas; - De que maneira o utiliza; - Quais as vantagens; - Quais as limitações;
BLOCO 7 – Simuladores computacionais no ensino da Física	Averiguar o posicionamento da professora face ao uso de simuladores no ensino da Física	Fale sobre suas experiências com o uso de simulação computacional em suas aulas de Física	<ul style="list-style-type: none"> - Costuma usar simuladores computacionais em suas aulas; - Quais os critérios em que baseia a sua escolha do simulador; - Quanto tempo da aula utiliza o simulador; - Como organiza a aula quando vais utilizar uma simulação computacional; - De um modo global, quais são os objetivos educacionais que

			<p>considera que podem ser alcançados através do uso do simulador em sala de aula;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quais as limitações; - Como acontece a avaliação da aula em que utiliza um simulador; - Como organiza as atividades a desenvolver no simulador; - De que maneira os alunos participam;
BLOCO 8 – Dispositivo pedagógico	Obter dados sobre a proposta da intervenção	Poderia me definir o que é um dispositivo pedagógico.	<ul style="list-style-type: none"> - Para si o que é um dispositivo pedagógico; - Na intervenção combinaremos o uso do QI com o simulador que foi programado, como achas que esta combinação poderá ser realizada; - Que objetivos educacionais poderão ser alcançados; - Quais as limitações; - Como vê o contributo que pode dar-lhe; - Como podemos planear as atividades; - Há algum receio desta combinação.
BLOCO 9 – Síntese e meta-reflexão sobre a própria entrevista. Agradecimentos	Captar o sentido que a entrevistada dá à própria situação da entrevista.	O que pensa dos objetivos desta investigação, como vê o contributo que pode dar à mesma.	- Mais alguma coisa a acrescentar ao que já foi dito.

ANEXO 1.2

GUIÃO DE ENTREVISTA ÀS PROFESSORAS APÓS A INTERVENÇÃO

GUIÃO DE ENTREVISTA ÀS DOCENTES – PÓS-INTERVENÇÃO

Entrevistadora: _____

Entrevistada: _____

Data: ___/___/_____ Local: _____

Recursos: _____

Hora do início: _____ Hora do término: _____

BLOCOS	OBJETIVO DO BLOCO	QUESTÕES ORIENTADORAS	PERGUNTAS DE RECURSO E DE AFERIÇÃO
BLOCO 1- Legitimação da entrevista	Explicar a situação. Criar ambiente propício.	Agradecer a disponibilidade; informar sobre o uso do gravador; assegurar o caráter confidencial destas informações; explicar o problema, os objetivos e os benefícios do estudo, explicar o procedimento.	
BLOCO 2 -	Avaliar a formação que a professora participou antes da intervenção.	Fale sobre a importância da formação.	- Achas que a formação que fizeste foi suficiente; - Acrescentaria alguma coisa na formação.
BLOCO 2 – Intervenção	Avaliar do modo como à intervenção decorreu	Fale sobre a intervenção de um modo geral	A intervenção em si: - Foi adequada à turma envolvida; - O tempo foi suficiente; - Atendeu aos seus objetivos; - Correu da forma como foi planeada; - O que poderia ter sido diferente;

BLOCO 3 – Dispositivo pedagógico	Avaliar o dispositivo pedagógico	Fale sobre o dispositivo pedagógico utilizado	<ul style="list-style-type: none"> - Quais foram as vantagens de sua utilização; - Quais foram as limitações; - Quais foram os desafios; - Foi suficiente para explorar o conteúdo; - Achas que motivou os alunos para a aprendizagem; - Despertou o interesse dos alunos; - É uma ferramenta diferenciada para ensinar este conteúdo; - O guião foi suficiente e adequado para a aula; - Como se sentiu ao usar este dispositivo; - Para futuras práticas irá utilizá-lo.
BLOCO 4 – Os alunos	Avaliar o envolvimento e o desempenho dos alunos	Comente como foi o envolvimento e o desempenho dos alunos	<ul style="list-style-type: none"> - O que acha que mais despertou atenção dos alunos; - Como foi o desempenho deles ao utilizar o dispositivo; - Houve grandes mudanças em relação a este tipo de estratégia, principalmente em relação às pré-concepções; - Como foram as interações; - Como avalia os alunos na intervenção quanto ao envolvimento e quanto ao desempenho
BLOCO 5 – O QI	Coletar dados sobre o uso do QI	Pedir para falar sobre como foi usar o QI	<ul style="list-style-type: none"> - Quais as vantagens que percebeste; - E as limitações; - Sentiu-se a vontade em utilizá-lo; - O que poderia ter sido diferente no seu uso; - E para os alunos o que mudou em suas aprendizagens com o uso do QI.
BLOCO 6 – O simulador computacional	Coletar dados sobre o simulador utilizado	Fale sobre o simulador	<ul style="list-style-type: none"> - Quais foram as vantagens; - E as limitações; - Observou que houve mudanças positivas na aprendizagem dos alunos com o seu uso; - O seu uso despertou atenção e motivou os alunos; - Conforme as atividades planeadas no guião, o simulador auxiliou no desenvolvimento destas.
BLOCO 7 – Síntese e meta-reflexão sobre a própria entrevista. Agradecimentos	Captar o sentido que a entrevistada dá à própria situação da entrevista.	O que pensa dos objetivos desta investigação, como vê o contributo que pôde dar à mesma.	<ul style="list-style-type: none"> - Mais alguma coisa a acrescentar ao que já foi dito.

ANEXO 1.3

GRELHA DE ANÁLISE DE CONTEÚDO DAS ENTREVISTAS

<i>Categories</i>	<i>Subcategorias</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Unidades de Registo</i>
As escolas	Os espaços escolares e os equipamentos	<p>A escola necessita de reforma, há poucos equipamentos nos laboratórios de Física (A).</p> <p>A escola foi remodelada e modernizada recentemente (B).</p>	<p>A escola é muito antiga, os espaços e os equipamentos não estão em condição (...) precisa-se de obras urgente, mas está a ser difícil, para já não há nada previsto. Os laboratórios de Física estão em más condições, não há materiais e o que temos já estão muito velhos (...) volte e meia temos de estar sempre a pedir materiais a outras escolas ou até mesmo à faculdade, está muito mal, portanto tentamos fazer com o que temos (...) (A).</p> <p>A escola passou por uma reforma recentemente, acho que foi em 2008 (...), foi sim (...), eu trabalhei aqui antes dessa remodelação feita pela Parque Escolar, era muito diferente. Ano passado eu voltei para a escola e encontrei aqui excelentes condições de trabalho, a escola é nova, as salas são amplas arejadas e bem iluminadas, são equipadas com computadores e projetores e há muitos QI, mas vos digo já poucos são usados (...). Os laboratórios de Física têm instrumentos e materiais para usarmos nas aulas, o que nos falta é tempo (...) sou um pouco crítica quanto à disposição das bancadas, não concordo, tinha de estar diferente (...) (B).</p>

	A classificação nacional da escola	<p>Em geral a escola está muito bem classificada (A).</p> <p>A escola vem subindo nos rankings, ainda há muito a melhorar (B).</p>	<p>A escola tem ficado muito bem classificada nos exames nacionais, em 2015 e 2016 ficamos em 2º lugar aqui em (...) há bons alunos e bons professores (...) (A).</p> <p>Temos bons resultados nos exames nacionais, no último ano crescemos bastante no ranking em relação a 2015, mas poderia ser bem melhor se nosso público não fosse tão diferenciado, ainda temos de melhorar muito (...). Há bons professores e bons alunos na escola, fazemos um bom trabalho aqui, temos uma boa qualidade de ensino (B).</p>
As professoras	Formação	<p>As professoras são formadas em licenciatura em química (A e B).</p> <p>A professora A fez mestrado em ensino da química.</p>	<p>Estudei cá, comecei por tirar licenciatura em química industrial, depois voltei novamente a faculdade e tirei licenciatura em química mas no campo educacional, mais tarde fiz o mestrado com uma parceria com a psicologia e a química, ensino da química (A).</p> <p>Fiz licenciatura em química aqui na universidade. (B)</p>
	Motivação para a docência	<p>As professoras gostam de dar aulas (A e B).</p>	<p>Gosto muito de estar em sala de aula, de estar a pensar em ações para diminuir as dificuldades dos alunos nesta disciplina (...), gosto da satisfação que eles têm quando aprendem bem o conteúdo (A).</p> <p>Olha vou lhe dizer, eu não trocava por nada (...) o que eu gosto mesmo de fazer</p>

		é ser professora, do contato com os alunos é imensamente importante, apesar de estarmos a passar numa fase difícil no ensino (...) (B).	
Autodefinição como professora	<p>A professora A deveria ser mais exigente com os alunos.</p> <p>A professora B é dinâmica e ativa com a turma.</p> <p>As professoras refletem sobre suas práticas pedagógicas (A e B).</p>	<p>Deveria ser um pouco mais exigente, no sentido de ser mais dura (...), vario muito minhas aulas, procuro fazer aulas diferentes, reflito muito sobre a minha prática (A).</p> <p>Eu saio cansada das aulas, eu nunca estou sentada na cadeira, o meu objetivo é que eles aprendam, participem que eles colaborem, mas é preciso estar sempre a incentivá-los a motivá-los senão a aula fica centrada em mim, procuro ser dinâmica nas minhas aulas e sou muito ativa. Sabe nós aprendemos muito com nossos alunos, eu sempre vos digo vocês têm 8 professores e eu tenho 52 (...), qualquer atitude deles em sala de aula nos faz pensar a forma como devemos reagir (...) (B).</p>	
As turmas	Clima disciplinar	<p>Alunos imaturos, conversadores e dispersos (A).</p> <p>A professora B não tem problemas de comportamento com a turma.</p>	<p>São muito imaturos, é uma turma que vem ainda muito habituada ao 9º ano, ainda não tem grandes regras nem métodos de trabalho (...) tenho de estar a motivá-los a todo o momento, por vezes é difícil envolvê-los nas aulas, são bastante dispersos, desatentos sabe? e muito conversadores. a turma controlo é muito parecida com esta, são um bocado mais aplicados, mas no geral também são imaturos e sem grandes hábitos de estudo até o momento (A).</p>

			<p>Este ano letivo está a ser um grande desafio, tenho duas turmas do 11º ano que na verdade é uma turma só, a turma base foi dividida em duas, uma puseram todos os alunos com a disciplina de Física em atraso e, na outra, os que estão inscritos pela primeira vez nela (...) as duas turmas são muito boas, tenho bons alunos, eles são interessados, querem aprender (...). O rótulo que estes tipos de alunos costumam ter é alunos que não querem saber de nada, desinteressados, com uma forma de estar em sala de aula inadmissível, indiferentes (...) este grupo não é nada assim, não tenho problemas de comportamento. Olha eu ainda hoje estive em aula com eles e estavam preocupadíssimos, para fazer mais atividades, eles sabem que têm de trabalhar bastante, já tiveram a experiência de reprovar no exame e eu tenho de estar a motivá-los constantemente para não desistirem (...). Em ambas as turmas não há problemas de comportamento (B).</p>
	<p>Aproveitamento escolar</p>	<p>Turma heterogênea quanto ao aproveitamento escolar (A e B).</p> <p>A professora B tem de trabalhar bastante para recuperar os conceitos que não foram entendidos pelos alunos, alunos com dificuldades.</p> <p>Muitos alunos têm apoio de explicadores (A).</p>	<p>Não são muito estudiosos, já há alunos que estão em vias de chumbar (...) mas há também bons alunos, bem aplicados que querem aprender, muitos alunos têm explicadores de Física (...) quanto às notas há uma grande disparidade, alunos com bons resultados, alunos mediamos e aqueles alunos com resultados insatisfatórios (A).</p>

			Na turma dos alunos com a disciplina em atraso tenho de trabalhar mais, desenvolver mais os conteúdos, recuperar conceitos que ali não estão aprendidos, percebe? (...) são alunos menos motivados. Nas duas turmas tenho alunos com bons resultados, outros com resultados medianos e alunos com resultados menos satisfatórios. Na outra turma eles são mais autônomos, têm menos dificuldades, principalmente conceituais, também são preocupados em aprender, são mais motivados. Eu me assustei quando vi o número de alunos com a disciplina em atraso numa mesma turma, sem dúvidas nenhuma ter dividido a turma, pondo todos os alunos com a disciplina em atraso foi a melhor opção, pois consigo trabalhar melhor com eles (B).
Prática pedagógica	Planificação das aulas	As professoras planificam as suas aulas juntamente com o grupo disciplinar de Física (A e B).	O planeamento das aulas ocorre em grupo disciplinar (A). Realizamos a planificação das aulas com o grupo disciplinar (B).
	Desenvolvimento das aulas	Trabalham com fichas de atividades e exercícios de outros manuais, usam <i>PowerPoint</i> , dão aulas de apoio, aulas laboratoriais (A e B). A professora B não usa simulações computacionais nas aulas. A professora A antes dos testes resolve com a turma os testes dos anos letivos anteriores.	Trabalho bastante com eles acompanho-os bastante, faço minhas fichas, além do livro de atividades tenho muitos exercícios, seleciono exercícios de outros manuais, disponibilizo todas as fichas e resoluções na plataforma da escola, disponibilizo os <i>PowerPoint</i> (...). Antes dos testes faço sempre o teste equivalente do ano anterior porque sei que alguns alunos têm explicadores e outros não, assim todos ficam a ter o mesmo acompanhamento (...). Dou aulas

		<p>de apoio, faço aulas laboratoriais, quero que eles estejam a trabalhar (...) (A).</p> <p>Eu gosto muito das fichas de atividades, sempre estou a buscar novos exercícios em outros manuais, faço tudo aquilo com eles, faço atividades laboratoriais, mas não uso simulação, peço que venham a frente para explorar alguma lei (...) temos de ser ativos, dinâmicos nas aulas, eu costumo usar a projeção em <i>PowerPoint</i> mas para ser feito em sala de aula, complementando as informações, interligando os conteúdos com o quotidiano, eles aprendem melhor assim (...) (B).</p>
	Planificação das avaliações	<p>São realizados os mesmo testes para turmas de anos equivalentes (A e B).</p> <p>Fizemos os mesmos testes para as turmas de anos equivalentes (A). Os testes também elaboramos com o grupo disciplinar, todos os 11º anos realizam o mesmo teste (B).</p>
As Pré-concepções	Identificação das pré-concepções	<p>As pré-concepções são identificadas nas explanações dos conteúdos e na resolução de atividades pela professora A.</p> <p>No 10º ano é preciso um trabalho consistente na aprendizagem dos conceitos (A).</p> <p>Dificuldades em relacionar o movimento com a respetiva representação gráfica (A).</p> <p>Relacionar força com a velocidade (B).</p> <p>Quando eles entram no 10º ano é preciso um trabalho muito consistente com eles sobre os conceitos, pois no 3º ciclo os conceitos são trabalhados muito superficialmente com outro tipo de linguagem para que os alunos a entendam. Durante as intervenções na exploração do conteúdo e na resolução de atividades que vou diagnosticando as pré-concepções. Há muitos conhecimentos do dia a dia ali e a maioria estão errados como, por exemplo, a noção de que corpos mais pesados chegam primeiro ao solo, independente do local onde está (...) eles</p>

		<p>A turma apresenta muitas dificuldades conceituais (B).</p>	<p>afirmam que quanto maior a altura maior a energia potencial independente se está em queda ou não, daí relacionam por exemplo no plano inclinado que um bloco está a descer, a velocidade está a aumentar então a energia potencial também estará (...) outra coisa são os gráficos, relacioná-los com os movimentos (...) eu vos pergunto qual o gráfico que representa esse movimento, eles têm muitas dificuldades. A matemática também dificulta bastante o entendimento dos conceitos (...) os programas de Física e Matemática não estão de acordo com os conteúdos destas disciplinas (...) há dificuldade em relacionar o declive de uma reta com a massa de um corpo. (A).</p> <p>Quando trabalhamos no plano inclinado os alunos têm dificuldades de representar as forças, para eles o tamanho dos vetores é indiferente (...) o perceberem porque razão é que um bloco desce e qual é a componente, por exemplo, do peso responsável pelo movimento de descida, eles dizem que é o peso na totalidade e fazer-lhes ver que não é o peso na totalidade, mas é uma parte do peso que acontece a outra componente não é fácil (...) outra coisa, a força instantânea que comunicou uma determinada velocidade para um corpo ao subir para eles essa força continua a existir até que o corpo atinja uma altura máxima (...) temos de fazer um longo</p>
--	--	---	--

			trabalho para que eles percebam, vou detalhando o conteúdo, detalhando até que consigam, vou os questionando e vão aos poucos percebendo os erros, equívocos digo eu. A grande maioria dos alunos associa a força à velocidade, se tem movimento tem força (...) esta turma dos alunos com a disciplina em atraso têm muitas dificuldades conceituais, lacunas sabe? (...) muitos deles não percebem o significado da Matemática na resolução dos exercícios, eles têm dificuldades na Matemática e erros conceituais em Física, já viste o trabalho que tenho de fazer? (B).
	Estratégias face às pré-concepções	<p>A professora A realiza mais atividades práticas, simulações e atividades laboratoriais para tratar das pré-concepções.</p> <p>A professora B demonstra com bolinhas e carros os fenômenos e também complementa com atividades do manual.</p>	<p>É difícil fazer mudá-los essas ideias, tentamos com a realização de algumas simulações, resolvemos mais atividades práticas, atividades laboratoriais, a tentar essa mudança (...) você explica para eles e eles dizem que entenderam o porque não é como pensavam mas, quando faz alguma pergunta relacionada aparece novamente, temos de insistir bastante para que reflitam (A).</p> <p>É preciso uma grande exploração dos conteúdos, eles visualizar os fenômenos é importante para que percebam, eu sempre tenho comigo bolinhas, carros (...) mas há coisas difíceis de mostrar então tento com as atividades do manual complementar (B).</p>
A intervenção pedagógica	A formação para a intervenção	A formação para a intervenção pedagógica foi suficiente (A e B).	Foi suficiente, senti-me muito bem preparada para usar os recursos com a turma (...) sinto que agora estou

		<p>preparada para continuar a usar o QI e também o simulador. Nós trabalhamos muito, então digo-lhe que estava a vontade durante a aula, se eu tivesse esse tipo de formação quando foi colocado os quadros na escola teria sido bem diferente (...) (A).</p> <p>As formações foram suficientes, a (...) ajudou-me, disse-me os aspetos relevantes, foi muito direta, pôs-me a praticar. Vou dizer-lhe que no início foi mais difícil com o QI, porque eu estava nervosa (...) tive de sair da zona de conforto (...) tinha medo de no dia esquecer de tudo, mas não vejo que depois trabalhando junto com o simulador a coisa começou a andar mais (...) eu estava completamente a vontade hoje na aula, não é preciso mais que isso para que um professor sintá-se capaz de usar os recursos (B).</p>
A intervenção	A intervenção em si foi adequada às turmas que participaram, o tempo foi suficiente e os objetivos foram atingidos, não houve pontos negativos a considerar (A e B).	Penso que a nossa decisão de aplicar nesta turma foi certa, percebi que eles estavam a entender e principalmente a envolver-se mais. O tempo foi suficiente, mas se tivéssemos mais um período de aula continuaria a trabalhar bem, mas foi suficiente sim não é preciso mais. (...) correu de forma que planeamos, não faria nada diferente, penso que planeamos muito bem as atividades para desenvolver, foi um imenso prazer em participar do teu estudo, eu aprendi muito (A).

		<p>Deu-me muito prazer nesta aula, eu tinha um grupo que precisa de constante motivação totalmente motivados e envolvidos (...) até passamos do tempo previsto, viste? Eles não quiseram sair para o intervalo (...). Consegui explorar muitos conteúdos com eles, trabalhamos o tempo todo (...). Sabe foi um enorme desafio e termino esta aula de hoje gratificada, com um sentimento muito bom em relação da maneira como ocorreu, tudo correu como planeamos, vejo que superou todas as expectativas (...) (B).</p>
<p>Importância no fazer pedagógico das professoras</p>	<p>Trabalhar com o QI foi uma superação e uma mais valia (A).</p> <p>A estratégia utilizada permite uma maior exploração de conceitos (A e B).</p> <p>Mudança de visão sobre os recursos utilizados (A e B).</p> <p>A professora B acrescenta que a sua participação neste estudo fez ela repensar sobre sua prática pedagógica.</p>	<p>Bem, eu já trabalhava com alguns simuladores, mas com o quadro interativo nunca havia trabalhado, penso que foi uma superação e uma mais valia para a minha prática em sala de aula. Eu saio desta participação no teu estudo com outra visão (...) senti-me muito bem em participar não foi nada desgastante, com o passar das sessões comecei a perceber da importância desta estratégia para trabalhar principalmente os conceitos (...) os outros professores aqui da escola queriam saber o que estávamos a fazer no QI, penso que despertou um bocado de interesse neles (A).</p> <p>Este teu trabalho foi muito importante para mim, pois eu termino esta colaboração com um (...) novo olhar para os recursos que utilizamos, com uma imensa vontade de continuar a trabalhar</p>

		com eles, digo-lhe que o simulador encantou-me o fato de eu conseguir explorar todos aqueles conteúdos foi de suma importância para que eu mudasse a minha postura sobre ele, percebes? (...) e esta estratégia que me apresentaste (...) de combinar o simulador com o quadro foi fantástico, eu estava motivada os alunos envolvidos, ativos (...) olha isso tudo para dizer que eu gostei imenso e que foi muito importante eu participar porque fizeste-me repensar nas minhas aulas, que é possível sim eu ensinar mais e bem melhor com esses recursos (...) (B)
Envolvimento, motivação e aprendizagem dos alunos na intervenção	Os alunos gostaram, envolveram-se e estavam motivados (A e B). Houve evolução das aprendizagens no teste (A). Entenderam melhor os conceitos (A e B).	Eles gostaram (...) eu estava com preocupada, pois esta turma é bastante agitada, não estão ainda voltados para este nível de ensino então é difícil envolvê-los durante as aulas (...) distraem-se com facilidade (...). Eles realmente gostaram de participar sabe, envolveram-se bem mais do que nas aulas. (...) teve ali dois alunos que já estão com chances de chumbar, não participam das aulas são apáticos, sem regras e pude perceber que a aula despertou interesse neles, estavam a registar em seus cadernos e muitos dos alunos que vieram até o QI não costumam vir ao quadro, foi muito bom para eles. (...) Noto realmente que no teste eles foram bem melhor, já conseguiram fazer a análise das forças no plano inclinado, dos gráficos das energias, já não se enganam (...) eles

		<p>perceberam bem este conteúdo (A).</p> <p>Eles estavam felizes e motivados, dava para perceber que gostaram muito. Foi muito importante para este grupo de alunos a participação neste teu projeto conseguimos envolvê-los todo o tempo (...) eles até me perguntaram quando teriam aula novamente (...). Digo-lhe que o foco foi nos alunos, tiveram um papel ativo então puderam compreender vários aspetos da Mecânica que estava sendo antes difícil para eles. Eles ao visualizar e executar as atividades nos recursos contribuiu para uma melhor assimilação dos conteúdos (...) iam apontando no caderno, participaram muito, interagiram entre eles, foi espetacular (B).</p>
O dispositivo pedagógico	Definição de dispositivo pedagógico	<p>É qualquer material, associao parece que mais a qualquer material informático, qualquer coisa que ajuda a explorar um conceito (...) que ajuda o professor a ensinar (A).</p> <p>São os recursos que o professor utiliza em sala de aula (...) parece-me que mais no sentido de combinar recursos (...) não sei bem (...) (B).</p>
	Simulador computacional	<p>Antes da intervenção pedagógica a professora A já usava simulações computacionais em suas aulas, acredita nos seus benefícios para as aprendizagens dos alunos.</p> <p>Antes da intervenção:</p> <p>Há muita coisa disponível na <i>Internet</i> para ensinar os conteúdos de Física, primeiro é preciso explorá-la muito bem e ver que o simulador é uma mais valia para as aprendizagens dos alunos, caso</p>

	<p>A professora B não acreditava nas potencialidades dos simuladores computacionais para ensinar a Física.</p> <p>Muitos simuladores trazem demasiadas informações ao mesmo tempo (A e B).</p> <p>Não são planeados por professores (A e B).</p> <p>Não consigo interromper ao meio de uma simulação (B).</p> <p>Os manuais trazem junto algumas simulações computacionais (A e B).</p>	<p>contrário é só para dizer que eu uso as tecnologias. Entretanto eu consigo observar que a grande maioria não foi pensado por um profissional da Educação, um professor sabe? (...) são simulações em inglês o que dificulta muito para mim, com muita informação o que acaba por desviar o foco (...), eu vejo que são limitados pedagogicamente e não veem acompanhados de um roteiro de exploração (...).</p> <p>Eu utilizo em minhas aulas ele auxilia na aprendizagem dos alunos, pois eles conseguem visualizar os acontecimentos, diferente do que acontece ao visualizar a imagem somente no manual impresso (...). Os alunos sentem-se mais motivados quando utilizo nas aulas, eles envolvem-se mais, questionam mais e até discutem os resultados.</p> <p>Os manuais que adotamos também trazem algumas animações e simulações, eu uso eles em minhas aulas, alguns não todos, pois além de trazerem muita informação numa só tela, a maioria eu não consigo interromper (...), eu tento usar sempre que possível, mas às vezes é difícil achar um simulador tal qual como eu preciso para explorar um conteúdo (A).</p> <p>Eu não preciso de um simulador para que meus alunos aprendam, olha (...) há muita coisa por aí, mas um bom simulador é difícil de acharmos, eles são muito poluídos, entende? os alunos</p>
--	---	--

	<p>As professoras gostaram de usar (A e B).</p> <p>Os alunos estavam motivados e envolveram-se na aula (A e B).</p> <p>Pode-se explorar mais o conteúdo (A e B).</p> <p>Aprendizagem significativa (A).</p> <p>A simulação pode ser interrompida durante o movimento (A e B).</p>	<p>prestam mais atenção no simulador do que na própria simulação (...), trazem demasiadas informações numa só tela, são programados por pessoas que não estão em sala de aula em contato com os alunos (...) muitos deles apresentam os valores das variáveis, poucos exploram os conceitos, não trazem junto sugestões para exploração tipo um guião, eu penso assim, não vejo mais valia na utilização deles, não tenho grande interesse (...). Nos manuais até vêm algumas simulações e também vídeos de animações, eu também não as utilizo (...) sabe qual o grande problema delas é que não se pode parar quando eu quero, a simulação tem de parar a qualquer momento, eu interromper uma atividade e fazer prever, isso sim é uma mais valia (B).</p> <p>Após a intervenção: Eles gostaram e também eu. Eles puderem visualizar os vetores no movimento, ver as forças constantes e o vetor velocidade aumentando e diminuindo ficou retido neles. Ali no plano eles conseguiram perceber bem, testar as ideias, foi marcante para eles (...). Por mais que não estão habituados a trabalhar com gráficos em função do tempo isso não foi um problema, eles perceberam muito bem sobre os gráficos das energias, e isto não só na resolução de atividades que fizemos na outra aula,</p>
--	---	---

	<p>Enorme variedade de exploração concetual (B).</p> <p>Pode ser usado nos dois anos de escolaridade (10º e 11º anos) (A e B).</p> <p>Consolidação de aprendizagens (B).</p> <p>Mudança de paradigma a respeito do uso de simuladores computacionais (B).</p>	<p>mas também pude verificar nos testes, teve só um ou dois que manteve a nota anterior os demais todos subiram (...). O fato de poder ser interrompida a simulação é muito bom, o que não acontece com as outras que eu costumo utilizar (...), senti que pude desenvolver bem mais o conteúdo, utilizando o mesmo tempo que numa aula normal (...), as pré-concepções foram bem trabalhadas na simulação, viste que no início da aula, na primeira atividade proposta eles afirmaram que na descida de uma rampa a energia potencial aumenta, eu já havia explicado isso em aulas anteriores, mas a grande maioria ainda cometia esse erro, foi gratificante vê-los a perceber esse erro durante a simulação e as expressões que faziam, foi bom (...). Vou dizer que estava com receio das atitudes deles durante essa aula, tinha medo que não se envolvessem como esperávamos (...) eles gostaram muito, envolveram-se, queriam participar todos viste? (...). O simulador é muito simples, mas tem um enorme potencial de exploração concetual, eu gostei muito e vou utilizá-lo sempre. Outra coisa que gostei é dele poder ser usado quer para o 10º quer para o 11º, o professor acaba por estar mais familiarizado, à vontade, com o recurso o que facilita muito o nosso trabalho (...). Este simulador é interessante porque nele o aluno vai, explorar testar e analisar o movimento no simulador, e assim vai construindo</p>
--	---	---

um novo conhecimento, pois os conceitos estão implícitos (...) (A).

O simulador ficou fantástico, é exatamente como eu queria, era isto que eu precisava, é disto que os professores de Física precisam (...). Digo-lhe de todos os simuladores que eu conheço e que nunca utilizei nas aulas, esse sim dá para utilizar e é uma grande mais valia, uma mais valia nesta fase de consolidação de conhecimentos, mas acredito que na fase inicial também será (...). Eu gostei mesmo, digo-lhe tive um prazer incrível porque eu nunca pensei utilizar com um simulador a exploração de tanto conceitos, não sei se reparou que no fundo eu explorei todos os movimentos: movimento no plano horizontal, movimento na rampa, fiz a análise da aceleração de um corpo na rampa, fui para o movimento de um grave, fiz a análise em termos energéticos, dei as leis do movimento, análise em termos vetoriais, fizemos a exploração gráfica de todas as situações (...) foi uma mais valia com certeza, foi à validação de todos os conhecimentos (...). Olha um simulador não pode ser apresentado só para observar deve ser a comprovação, em que os alunos levantam as hipóteses e depois vão confirmar, o poder interromper a simulação discutir, voltar e comprovar foi o que fizemos aqui e eles gostaram muito a satisfação e o envolvimento

		deles foi imensa. (...) o simulador dá para explorar muita coisa e digo-lhe foi muito bem explorado, viste que eles iam traçando retas nos gráficos das energias, a cara deles de espanto com o resultado e como surgiram perguntas disso, foi fantástico (...) saio daqui realizada e podes ter certeza com uma visão totalmente diferente do que eu tinha quando fizemos a primeira entrevista (B).
Quadro Interativo	<p>O QI é utilizado somente como uma tela de projeção pelos professores da escola (A e B).</p> <p>A professora A nunca teve formação sobre o QI.</p> <p>A professora B teve formação apenas técnica do QI, faltou uma formação específica na Física.</p> <p>Não utilizam o QI em suas aulas (A e B).</p>	<p>Antes da intervenção: Aqui na escola ninguém faz uso deles, a não ser para projeção de slides, estão parados (...) eu não tive nenhuma formação sobre como usá-lo, nunca tive (...) houve colegas que tiveram formação fora, mas na formação o software era diferente da escola então depois chegavam cá não conseguiam ensinar-nos (...) então não utilizo porque não tenho formação sobre ele, não consigo utilizá-lo (A).</p> <p>Eu já tive formação há uns 6 anos, mas digo-lhe foi muito geral, voltada para a parte técnica (...) eu deveria ter tido e lamento formação da aplicação do QI na Física e na Química (...) como vou utilizá-lo se não vejo qualquer benefício dele? (...) é uma pena sabe, eles estão aí, pouquíssimos os professores que o utilizam (B).</p>

	<p>O QI possibilitou que as professoras estivessem à frente da simulação e da turma (A e B).</p> <p>Foi um benefício poder gravar o <i>flipchart</i> construído pela turma e submeter a eles (A e B).</p> <p>As professoras (A e B) vão continuar a utilizá-lo em suas aulas.</p> <p>Houve bastante interação durante a aula (B).</p> <p>Os alunos estavam motivados (A e B).</p>	<p>Após a intervenção:</p> <p>Trabalhar com o QI desta maneira é uma mais valia para a aprendizagem dos alunos, porque o fato de estarmos à frente dele realizando as simulações sem precisar parar na minha secretária e vir até a frente da turma para mostrar algo é fantástico (...) também o que gostei muito é dos alunos poderem vir trabalhar na frente da turma, eles estavam motivados, eles gostaram (...) aquele vai e volta do <i>flipchart</i> para o simulador é muito bom, não perco tempo, é um benefício (...) percebi bem as suas inúmeras vantagens tenho é de continuar a utilizá-lo, outra coisa o que fomos construindo com eles e depois os enviamos também achei interessante (...) como limitação quem saiba seja se não continuar a treinar e a trabalhar com ele posso esquecer-me de muitas coisas (A).</p> <p>Sabe de uma coisa foi diferente, da maneira que apresentaste-me o QI é muito bom (...) se eu tivesse tido este tipo de formação digo-lhe que estava a usá-lo a muito tempo (...) porque quando trabalho com o PowerPoint tenho de ficar na minha secretária e estar locomovendo-me a todo tempo para frente da projeção e aqui hoje não foi assim, estive sempre a frente da turma e do planeamento que fizemos (...). Foi excelente as alunos poderem também participar e gostei imenso de poder gravar tudo e enviar o <i>flipchart</i> com as</p>
--	---	---

		ideias construídas em aula, foi importante (...) gostei imenso, eles estavam atentos à interação desta aula foi imensa, estavam envolvidos na própria construção dos conhecimentos por isto que foi diferente (...) temos muitas possibilidades de exploração com o quadro (...) senti a necessidade de utilizá-lo mais vezes, sabe foi diferente nas formações éramos nós duas, hoje com a turma parece-me que consegui explorar mais (...) (B).
Guião de atividades	Foi suficiente, é completo e auxilia o professor (A e B).	<p>O guião está bastante completo é um bom amparo para eu continuar a trabalhar com estes recursos, claro que tivemos que nos limitar, mas está ótimo (...) tenho um bom material de estudo ali (...) (A).</p> <p>Ele é muito completo, fizemos um bom trabalho (...) vai ajudar-me muito para continuar a usar o simulador junto com o QI (...) não é preciso mais que isto que está no guião, está bem claro e numa linguagem acessível (B).</p>
O nosso dispositivo pedagógico (simulador + QI + guião)	<p>O dispositivo pedagógico é um excelente material (A e B).</p> <p>Possibilita uma melhor exploração dos conceitos (A e B).</p> <p>Depende de como o professor vai trabalhar (A e B).</p> <p>Consegue-se realizar uma ligação entre a parte concetual e a parte dos cálculos (A e B).</p>	Bem, é um excelente material, vou utilizar sempre no 10º ano e quando tiver 11º ano também, pois é um material muito rico para exploração concetual (...). Da maneira como foi trabalhada na intervenção não vejo qualquer limitação, claro que vai depender muito do professor que está a utilizar (...). A combinação do simulador com o QI e o guião foi uma excelente ideia, foi uma aula muito prazerosa para mim e para os

		<p>Possibilidade de trabalhar durante um tempo maior a parte conceitual (A e B).</p> <p>Uma ferramenta diferenciada (A).</p> <p>Despertou motivação nas professoras e nos alunos (A e B).</p>	<p>alunos também, pude perceber o alto nível de motivação deles e também a evolução conceitual foi perceptível no teste, foi uma experiência fantástica só tenho a agradecer. Olhando para a nossa aula, para a exploração das energias não é preciso mais, dá para partimos da exploração dos conceitos depois é só fazermos uma ligação com o cálculo das variáveis (...) sim é com certeza uma ferramenta diferenciada, eu não conseguiria ter feito sem este dispositivo (...), normalmente não consigo ficar tanto tempo numa aula a trabalhar só a parte conceitual, pois eles acham cansativo e logo estão sem atenção na aula, hoje foi diferente passamos toda aula somente a explorar conceitualmente as forças, o plano, os gráficos (...) é muito vantajoso (A).</p> <p>Sem qualquer dúvida tu tens aqui um material riquíssimo para trabalhar a parte conceitual e que pode muito bem ser relacionada com os cálculos das variáveis (...) o dispositivo é excelente porque têm com ele diferentes estratégias (...) a imagem inicial que foi apresentada foi muito bem escolhida viste o tempo que ficamos a explorá-la (...) mas claro que depende muito do professor tem de ser um professor ativo (...) o mandar os alunos irem para o quadro fazer a representação e depois comprovar no simulador foi fantástico (...) o questioná-los sobre “e se for assim o que acontece</p>
--	--	---	---

			<p>?” fizemos muitas vezes. Não realizámos nenhum cálculo durante toda a aula, se não fosse desta maneira eu não conseguiria mantê-los atentos o tempo todo, foi diferente e tive um prazer imenso de dar esta aula (...) eu estava eufórica (...) muito entusiasmada pois percebia a motivação dos alunos (...) digo-lhes eles aprenderam muito nesta aula, ficou lá (...). É uma mais valia eu gostaria que um dia me desse também o simulador, porque eu vou utilizá-lo com o QI, vou mostrar aos meus colegas aqui no grupo porque acho que é importante, é um trabalho muito rico e potencializa novas aprendizagens em sala de aula. (B)</p>
--	--	--	--

ANEXO 2

QUESTIONÁRIOS

Os questionários aplicados antes e após a intervenção (*Turma A e Turma B*) não são idênticos, entretanto ambos possuem a mesma abordagem concetual e o mesmo nível de exigência para a resolução das questões.

ANEXO 2.1

MODELO DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS ANTES DA INTERVENÇÃO

ESCOLA A



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Questionário

Este questionário faz parte de uma investigação educacional no âmbito de um doutoramento na Universidade de Coimbra e incide nas pré-concepções dos conteúdos de energia e movimentos no plano inclinado. O questionário é confidencial e anónimo e os dados recolhidos serão utilizados exclusivamente para fins da investigação em curso. Por favor, responde com atenção a todas as perguntas. Muito obrigado pela tua colaboração!

1. Sexo:
 Masculino
 Feminino

2. Idade _____

3. Estás matriculado neste ano de escolaridade pela primeira vez?
 Sim
 Não

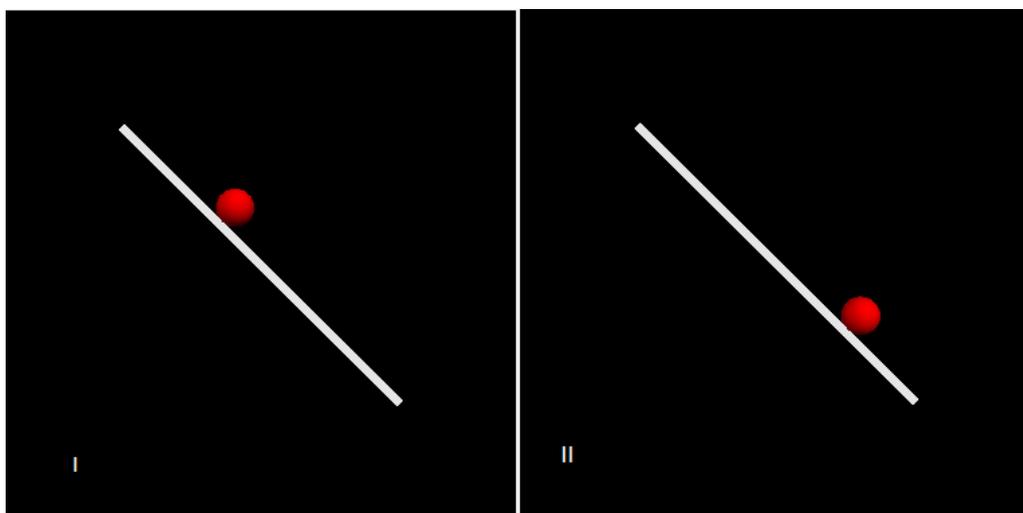
4. Como classificas a qualidade da tua escola, em termos gerais?
 Insuficiente
 Suficiente
 Boa

- Muito Boa
5. Como classificas a turma quanto ao aproveitamento escolar?
- Insuficiente
 - Suficiente
 - Boa
 - Muito Boa
6. Como classificas a turma, em termos de comportamento?
- Insuficiente
 - Suficiente
 - Boa
 - Muito Boa
7. Como descreves o teu gosto pela disciplina de Física e Química A, em relação ao módulo de Física?
- Gosto muito
 - Gosto bastante
 - Gosto pouco
 - Não gosto nada
8. Como classificas o teu aproveitamento na componente de Física?
- Insuficiente
 - Suficiente
 - Bom
 - Muito Bom
9. Qual a frequência do teu estudo em Física?
- Diária
 - Semanal
 - Ocasional (para testes)
 - Nula

12. Considera uma bola a subir um plano inclinado. Como ocorre a variação da sua velocidade durante a subida? E a energia cinética?

13. Agora considera a bola a descer o plano inclinado. Como ocorre a variação da sua velocidade? E a energia cinética?

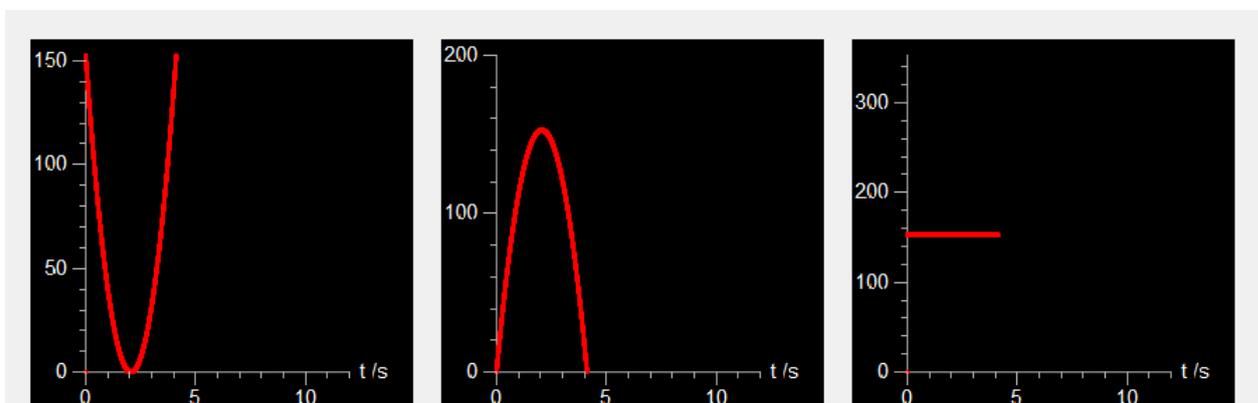
14. As figuras seguintes representam as posições ocupadas por uma bola em movimento no plano inclinado, em I a posição inicial da bola é no início do plano, ou seja, a bola está a descer o plano e, em II a posição inicial da bola é no final do plano, a bola está a subir o plano.



Faz o esboço dos gráficos, energia cinética, energia potencial e energia mecânica.

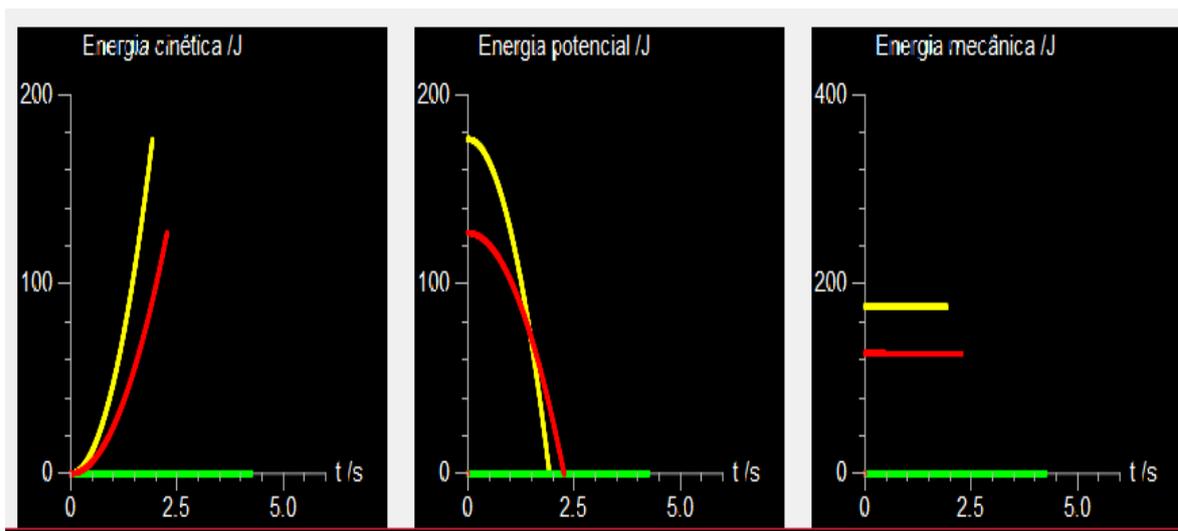
I	II
---	----

15. Uma bola está a subir num plano inclinado, após chegar ao ponto mais alto do plano inicia a descida. Diz a que gráfico, das energias (potencial, cinética e mecânica), corresponde cada uma das representações abaixo:



16. Uma criança desliza numa rampa aquática sobre uma piscina, acabando por cair nela: enquanto desce a rampa, e depois, quando cai no ar, ou uma esfera que desce um plano inclinado, o que acontece com a altura e com a velocidade? O que podemos concluir sobre a energia potencial gravítica? E sobre a energia cinética? Podemos afirmar que há transformação de energia? Justifica sua resposta.

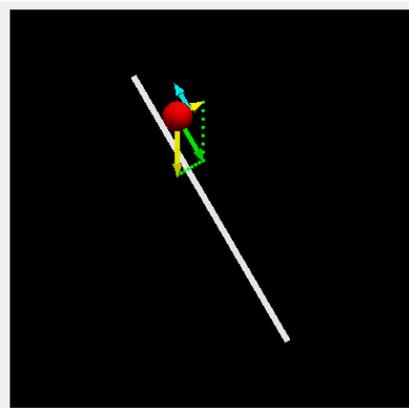
17. Observa os gráficos abaixo:



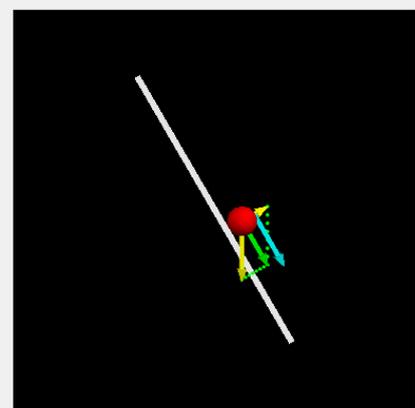
O que podemos concluir sobre as variações das energias em função do tempo?

18. Para cada tipo de movimento I e II há as respetivas representações gráficas das energias A e B (cinética, potencial), faz a correspondência correta.

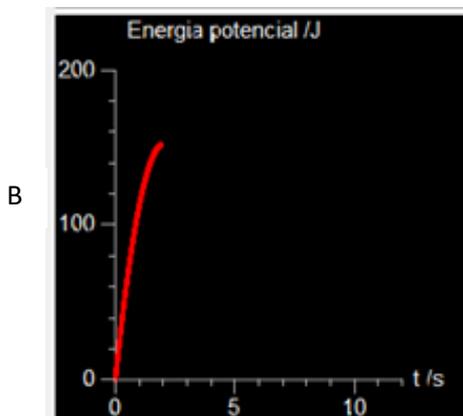
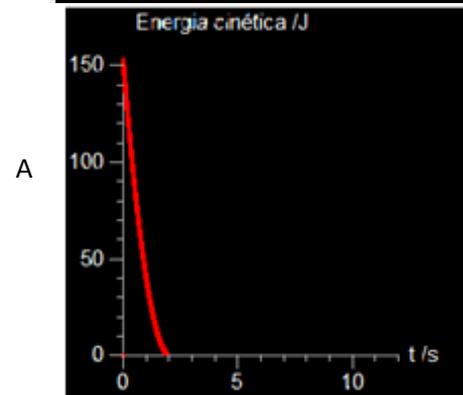
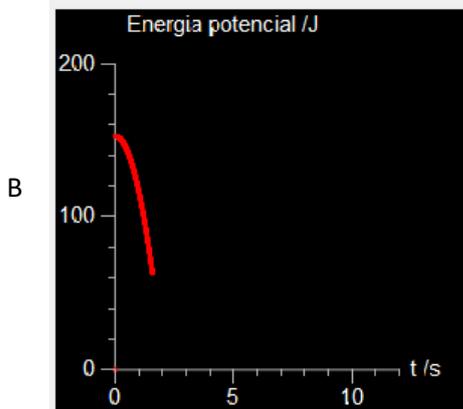
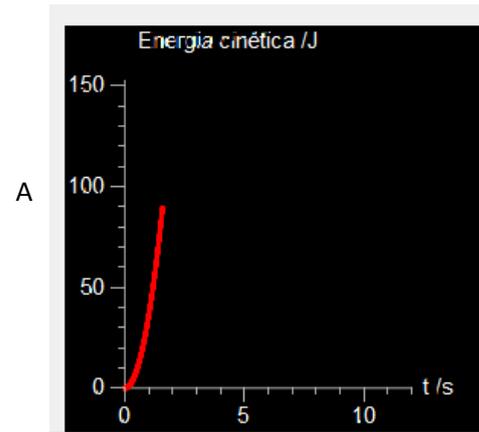
Marca duas representações para cada tipo movimento.



I

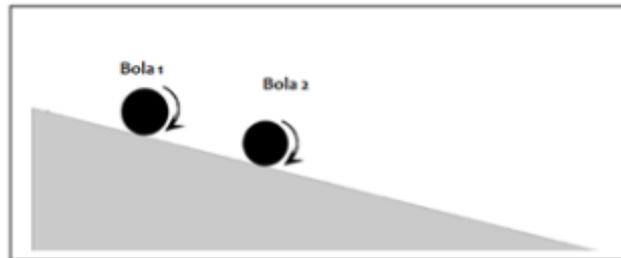


II



19. Duas bolas idênticas, com igual massa, partem do mesmo ponto do plano e atingem o final do plano com velocidades diferentes. A bola 2 chegou primeiro do que a bola 1.

Qual das bolas tem maior energia cinética quando chega ao final do plano?



- A. A bola 1 tem maior energia cinética.
- B. A bola 2 tem maior energia cinética.
- C. As bolas 1 e 2 têm igual energia cinética.
- D. É necessário mais informação para determinar qual das bolas tem maior energia cinética.

ESCOLA B



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Questionário

Este questionário faz parte de uma investigação educacional no âmbito de um doutoramento na Universidade de Coimbra e incide nas pré-concepções dos conteúdos de energia e movimentos no plano inclinado. O questionário é confidencial e anónimo e os dados recolhidos serão utilizados exclusivamente para fins da investigação em curso. Por favor, responde com atenção a todas as perguntas. Muito obrigado pela tua colaboração!

1. Sexo:
 Masculino
 Feminino

2. Idade _____

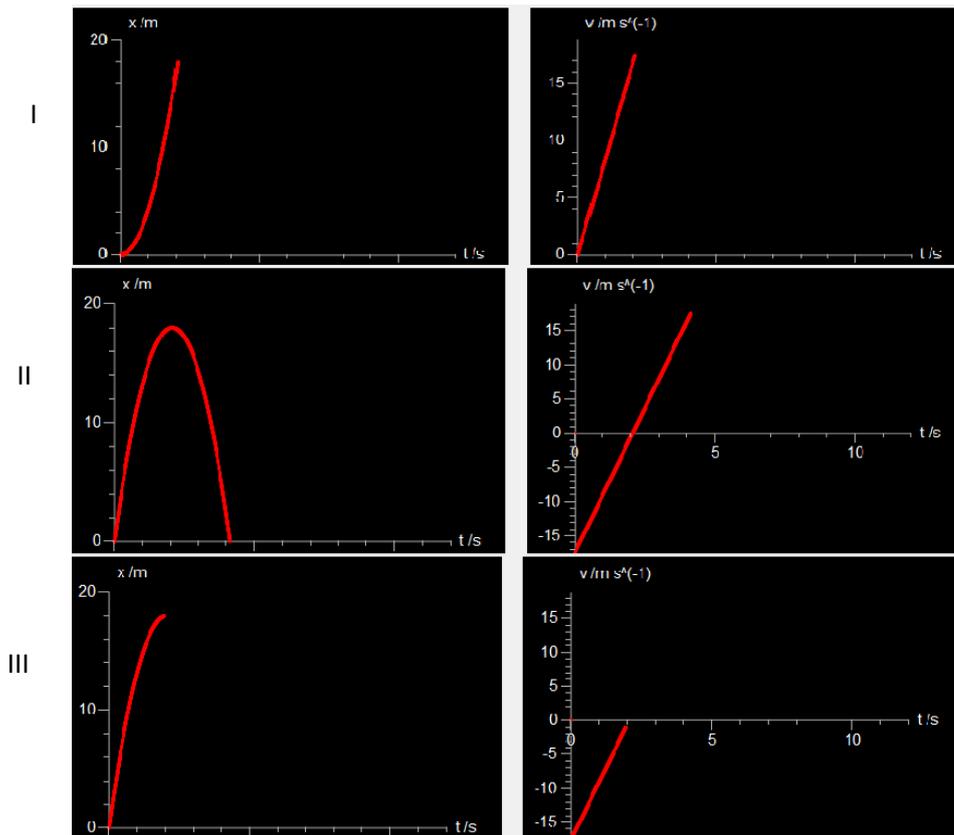
3. Estás matriculado neste ano de escolaridade pela primeira vez?
 Sim
 Não

4. Como classificas a qualidade da tua escola, em termos gerais?
 Insuficiente
 Suficiente
 Boa
 Muito Boa

5. Como classificas a turma quanto ao aproveitamento escolar?
 Insuficiente

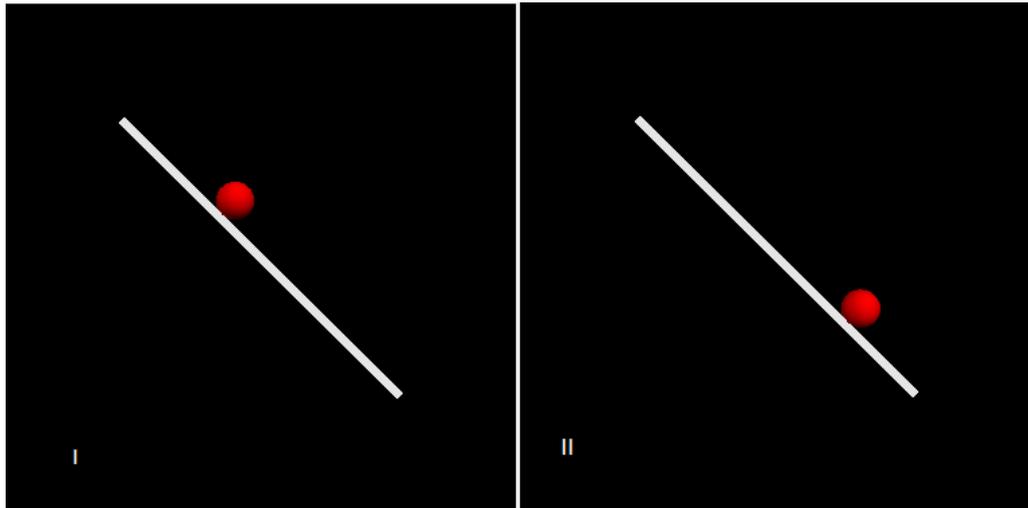
- Suficiente
 - Boa
 - Muito Boa
6. Como classificas a turma, em termos de comportamento?
- Insuficiente
 - Suficiente
 - Boa
 - Muito Boa
7. Como descreves o teu gosto pela disciplina de Física e Química A, em relação ao módulo de Física?
- Gosto muito
 - Gosto bastante
 - Gosto pouco
 - Não gosto nada
8. Como classificas o teu aproveitamento na componente de Física?
- Insuficiente
 - Suficiente
 - Bom
 - Muito Bom
9. Qual a frequência do teu estudo em Física?
- Diária
 - Semanal
 - Ocasional (para testes)
 - Nula
10. Frequentas apoio extracurricular em Física?
- Sim, aulas de apoio na escola.
 - Sim, aulas de apoio com explicador.

14. Observa os pares dos gráficos abaixo, posição-tempo e velocidade-tempo, (I, II e III):



Quais as informações que podem ser obtidas a partir de I, II e III? (Considera todos os movimentos num plano inclinado)

15. As figuras seguintes representam as posições ocupadas por uma bola em movimento no plano inclinado, em I a posição inicial da bola é no início do plano e, em II a posição inicial da bola é no final do plano. As bolas estão em movimento sobre o plano, em I a descer e em II a subir.



Faz a representação geométrica dos vetores das forças e da velocidade em ambas as situações.

I	II
---	----

16. O que podemos concluir sobre a aceleração nos movimentos das figuras I e II da questão anterior?

ANEXO 2.2

MODELO DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS APÓS A INTERVENÇÃO

ESCOLA A



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Questionário

Este questionário faz parte de uma investigação educacional no âmbito de um doutoramento na Universidade de Coimbra e incide em verificar as implicações decorrentes do uso do Quadro Interativo combinado com um simulador computacional nos conteúdos de energia e movimentos no plano inclinado. O questionário é confidencial e anónimo e os dados recolhidos serão utilizados exclusivamente para fins da investigação em curso. Por favor, responde com atenção a todas as perguntas. Muito obrigado pela tua colaboração!

1. Qual é a principal vantagem que consideras quando se utiliza o Quadro Interativo nas aulas de Física?
 - Entusiasmo
 - Visualizar o conteúdo de forma interativa
 - Compreender melhor os conceitos
 - Possibilidade de cor e imagens
 - Utilizar várias ferramentas ao mesmo tempo
 - Participar da exposição do conteúdo com a colaboração da turma
 - Outro _____
 - Não vejo qualquer vantagem

2. Como classificas o Quadro Interativo?
 - Insuficiente
 - Suficiente

- Bom
 - Muito Bom
3. Das opções seguintes, indica a que está mais próxima da frequência com que costuma ser utilizada simulação computacional nas aulas de Física?
- Nunca
 - Diariamente
 - Por vezes
 - Somente no final de cada conteúdo trabalhado
4. Qual é o principal objetivo que consideras atingir quando se utiliza a simulação computacional nas aulas de Física?
- Testar e validar hipóteses
 - Interagir com o modelo a ser simulado
 - Visualizar o fenómeno
 - Compreender melhor as teorias
 - Treinar e desenvolver métodos de resolução
 - Outro _____
 - Não considero atingir qualquer objetivo
5. Como classificas o simulador utilizado?
- Insuficiente
 - Suficiente
 - Bom
 - Muito Bom
6. Nesta intervenção pedagógica foi combinado o uso do Quadro Interativo com um simulador computacional, como avalias esta prática?
- Insuficiente
 - Suficiente
 - Boa
 - Muito Boa

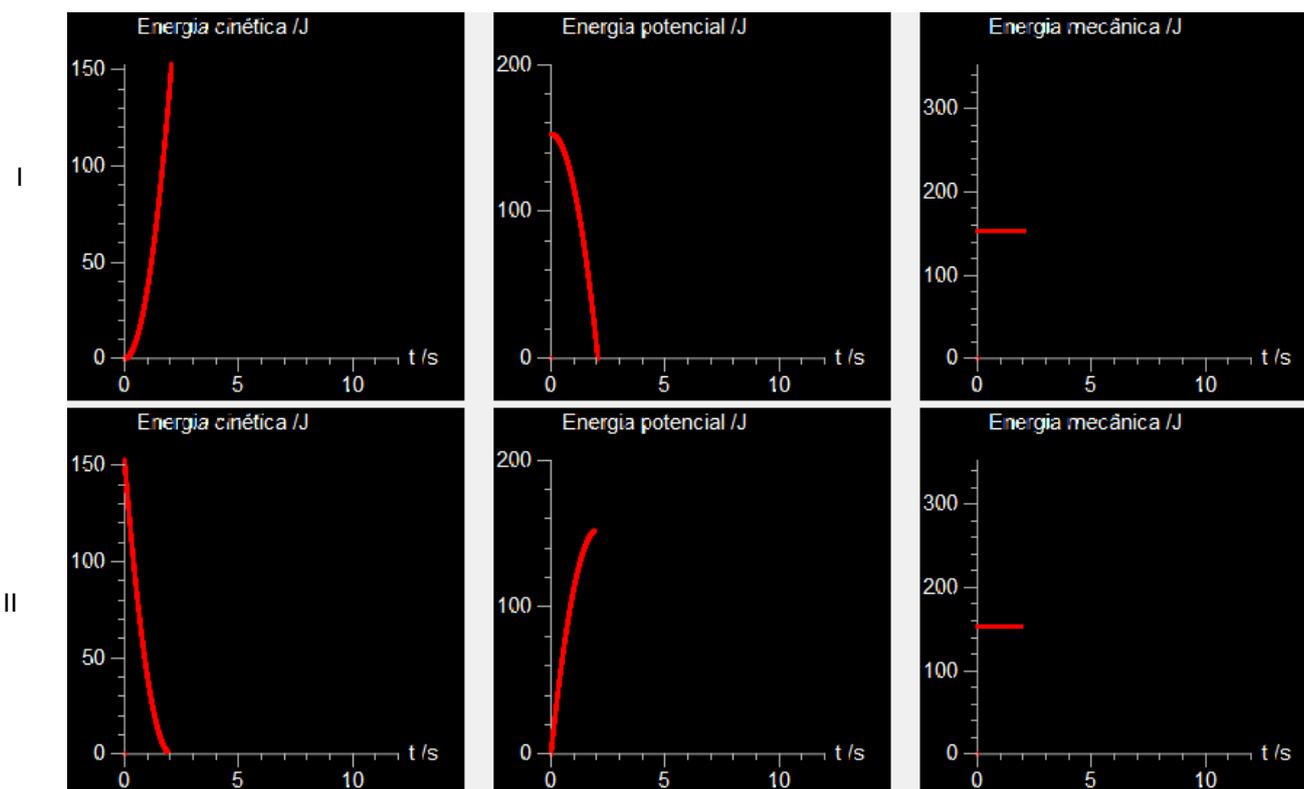
7. Como avalias o teu envolvimento nesta intervenção?

- Insuficiente
- Suficiente
- Bom
- Muito Bom

8. Como avalias a tua aprendizagem após esta aula?

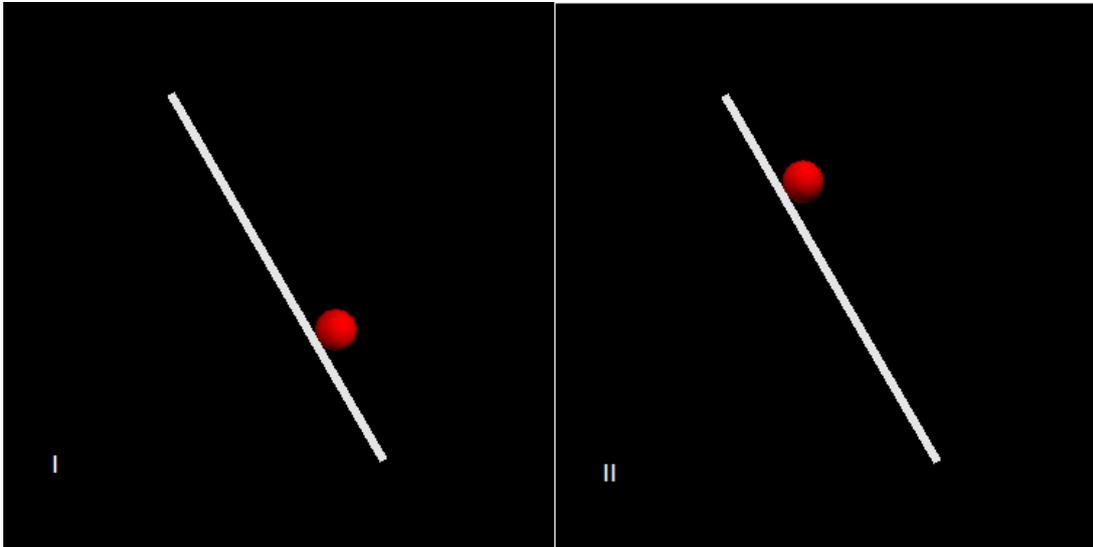
- Insuficiente
- Suficiente
- Boa
- Muito Boa

9. Qual das opções abaixo (I ou II) descreve o movimento de subida de uma bola num plano inclinado? A posição inicial da bola corresponde a $h = 0$.



Justifica a tua resposta.

10. Identifica e esquematiza a força resultante e o vetor velocidade nas situações abaixo - em I a bola encontra-se a subir o plano inclinado e em II encontra-se a descer o plano inclinado.

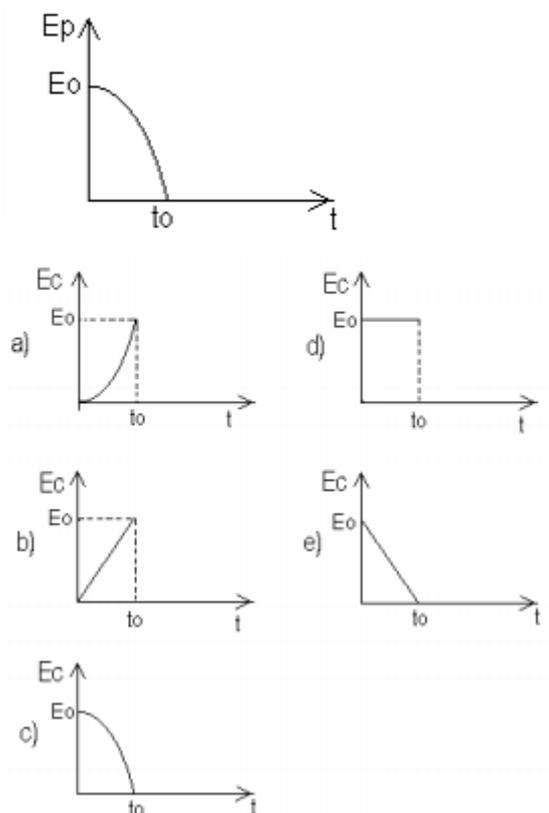


I	II
---	----

11. Considera um movimento com velocidade constante, há conservação de energia mecânica? Justifica.

12. Dois objetos A e B, sendo a massa de B duas vezes maior que a massa de A, são abandonados de uma mesma posição num plano inclinado. Imediatamente antes de tocar o solo o objeto B possui:
- Duas vezes mais energia cinética que o objeto A.
 - A mesma energia cinética que o objeto A.
 - Metade da energia cinética do objeto A.
 - Quatro vezes mais energia cinética que o objeto A.

13. O gráfico representa a energia potencial E_p , em função do tempo t , associada a um corpo em queda livre. A curva que poderia representar a energia cinética E_c do corpo em função do tempo t é:



14. Considera uma esfera nas seguintes situações:
- V. A subir um plano inclinado
 - VI. A descer um plano inclinado
 - VII. Em queda livre
 - VIII. Em movimento horizontal

Faz uma análise de cada uma destas situações destacando o que podemos concluir sobre a velocidade e sobre as energias.

I.	II.
----	-----

III.	IV.

15. Sobre a energia mecânica e a conservação de energia, assinala o que for correto.
- A. Denomina-se energia cinética a energia que um corpo possui, por este estar em movimento.
- B. Pode-se denominar de energia potencial gravitacional a energia que um corpo possui por se situar a uma certa altura acima da superfície terrestre.
- C. A energia mecânica total de um corpo é conservada, mesmo com a ocorrência de atrito.
- D. A energia total do universo é sempre constante, podendo ser transformada de uma forma para outra; entretanto, não pode ser criada e nem destruída.
16. Descreva a imagem abaixo, considerando que primeiramente a bola encontra-se a descer o plano inclinado, após em movimento na horizontal e de seguida a subir o plano inclinado, despreze a existência do atrito no plano:
- Faz o esboço dos gráficos da posição-tempo, velocidade-tempo, energia cinética-tempo, energia potencial-tempo;
- Acrescenta todas as informações que achares pertinentes a descrição da imagem.

ESCOLA B



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Questionário

Este questionário faz parte de uma investigação educacional no âmbito de um doutoramento na Universidade de Coimbra e incide em verificar as implicações decorrentes do uso do Quadro Interativo combinado com um simulador computacional nos conteúdos de energia e movimentos no plano inclinado. O questionário é confidencial e anónimo e os dados recolhidos serão utilizados exclusivamente para fins da investigação em curso. Por favor, responde com atenção a todas as perguntas. Muito obrigado pela tua colaboração!

1. Qual é a principal vantagem que consideras quando se utiliza o Quadro Interativo nas aulas de Física?
 - Entusiasmo
 - Visualizar o conteúdo de forma interativa
 - Compreender melhor os conceitos
 - Possibilidade de cor e imagens
 - Utilizar várias ferramentas ao mesmo tempo
 - Participar da exposição do conteúdo com a colaboração da turma
 - Outro _____
 - Não vejo qualquer vantagem

2. Como classificas o Quadro Interativo?
 - Insuficiente
 - Suficiente
 - Bom
 - Muito Bom

3. Das opções seguintes, indica a que está mais próxima da frequência com que costuma ser utilizada simulação computacional nas aulas de Física?

- Nunca
 - Diariamente
 - Por vezes
 - Somente no final de cada conteúdo trabalhado
4. Qual é o principal objetivo que consideras atingir quando se utiliza a simulação computacional nas aulas de Física?
- Testar e validar hipóteses
 - Interagir com o modelo a ser simulado
 - Visualizar o fenómeno
 - Compreender melhor as teorias
 - Treinar e desenvolver métodos de resolução
 - Outro _____
 - Não considero atingir qualquer objetivo
5. Como classificas o simulador utilizado?
- Insuficiente
 - Suficiente
 - Bom
 - Muito Bom
6. Nesta intervenção pedagógica foi combinado o uso do Quadro Interativo com um simulador computacional, como avalias esta prática?
- Insuficiente
 - Suficiente
 - Boa
 - Muito Boa
7. Como avalias o teu envolvimento nesta intervenção?
- Insuficiente
 - Suficiente
 - Bom

Muito Bom

8. Como avalias a tua aprendizagem após esta aula?

Insuficiente

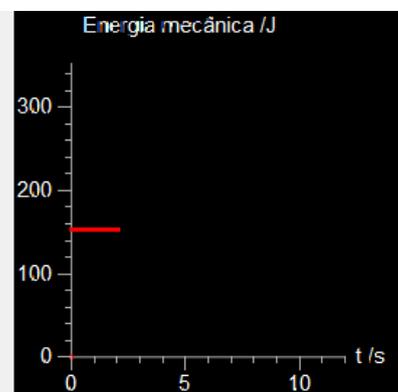
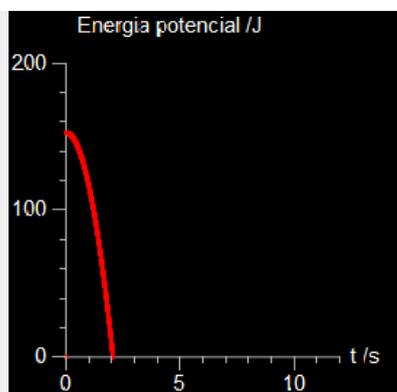
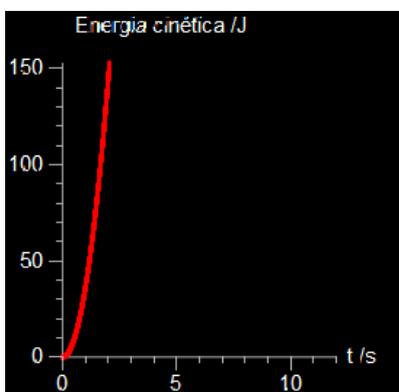
Suficiente

Boa

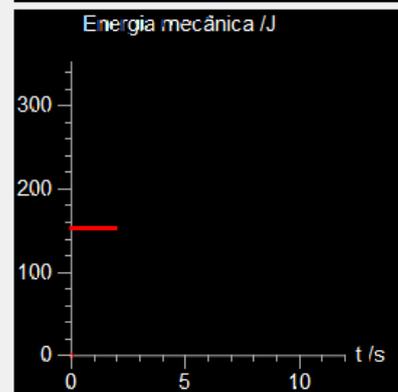
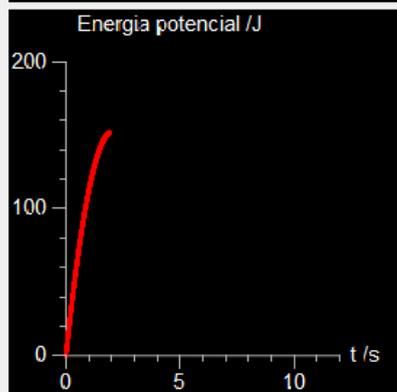
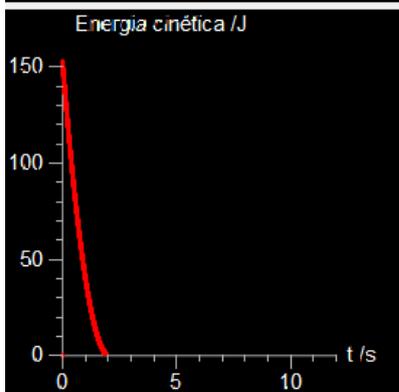
Muito Boa

9. Qual das opções abaixo (I ou II) descreve o movimento de subida de uma bola num plano inclinado? A posição inicial da bola corresponde a $h = 0$.

I



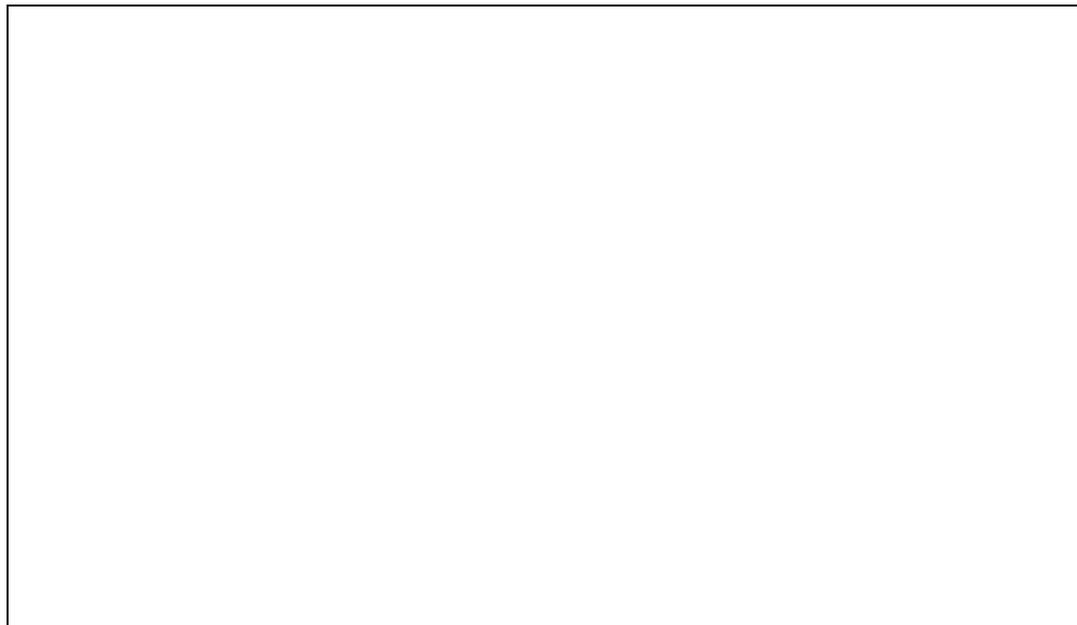
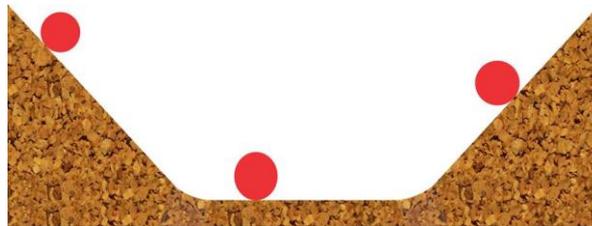
II



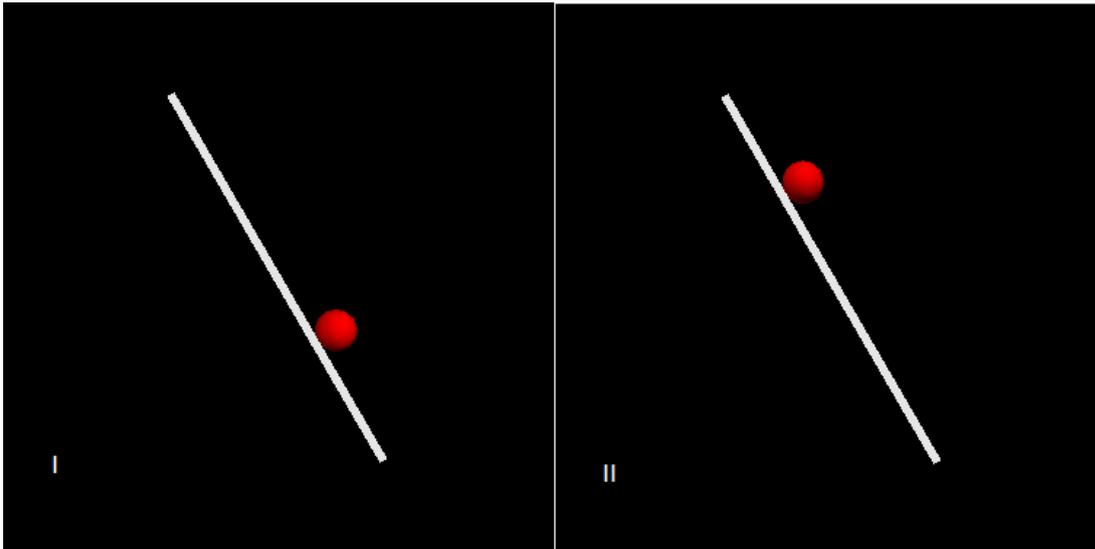
Justifica a tua resposta.

10. Descreva a imagem abaixo, considerando que primeiramente a bola encontra-se a descer o plano inclinado, após em movimento na horizontal e de seguida a subir o plano inclinado, despreza a existência do atrito no plano:

- Classifica os movimentos em questão;
- Faz o esboço dos gráficos da posição-tempo, velocidade-tempo, energia cinética-tempo, energia potencial-tempo;
- Esboça o vetor velocidade e os diagramas das forças;
- Acrescenta todas as informações que achares pertinentes a descrição da imagem.



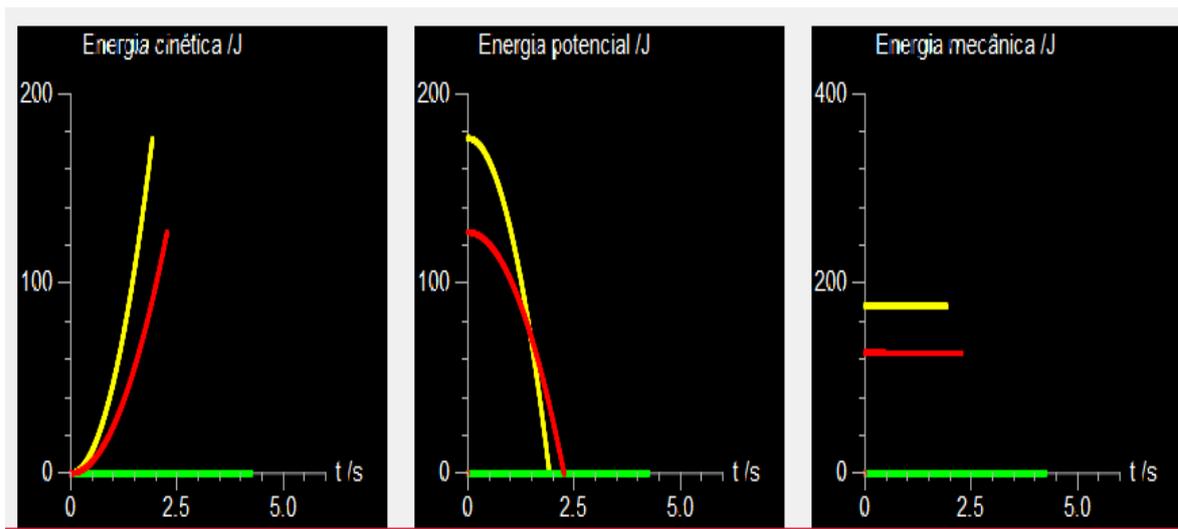
11. Identifica e esquematiza a força resultante e a velocidade nas situações abaixo - em I a bola encontra-se a subir o plano inclinado e em II encontra-se a descer o plano inclinado.



I	II
---	----

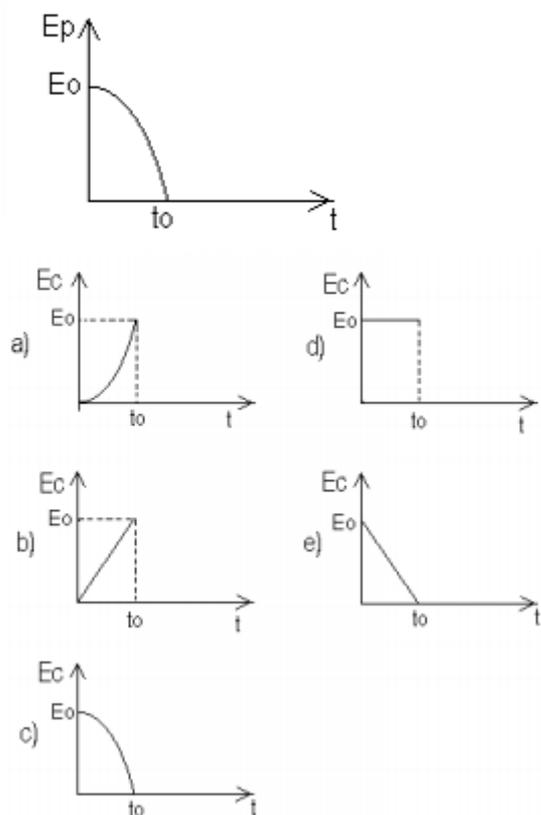
12. Considera um movimento com velocidade constante, há conservação de energia mecânica? Justifica.

13. Observa os gráficos abaixo:



O que podemos concluir sobre as variações das energias em função do tempo?

14. Dois objetos A e B, sendo a massa de B duas vezes maior que a massa de A, são abandonados de uma mesma posição num plano inclinado. Imediatamente antes de tocar o solo o objeto B possui:
- Duas vezes mais energia cinética que o objeto A.
 - A mesma energia cinética que o objeto A.
 - Metade da energia cinética do objeto A.
 - Quatro vezes mais energia cinética que o objeto A.
15. O gráfico representa a energia potencial E_p , em função do tempo t , associada a um corpo em queda livre. A curva que poderia representar a energia cinética E_c do corpo em função do tempo t é:



16. Considera uma esfera nas seguintes situações:

- IX. A subir um plano inclinado
- X. A descer um plano inclinado
- XI. Em queda livre
- XII. Em movimento horizontal

Faz uma análise de cada uma destas situações, destacando o tipo de movimento em questão, o que podemos concluir sobre a velocidade, sobre a aceleração e sobre as representações gráficas velocidade-tempo e posição-tempo.

I.	II.
----	-----

III.	IV.

ANEXO 3

DADOS DOCUMENTAIS

ANEXO 3.1

PLANIFICAÇÃO DE MÉDIO PRAZO DE FÍSICA E QUÍMICA A DO 10º ANO

FÍSICA E QUÍMICA A - 10º Ano

ESCOLA SECUNDÁRIA A
PLANIFICAÇÃO A MÉDIO PRAZO

2016 / 2017

COMPONENTE DE QUÍMICA

Domínio	Elementos químicos e sua organização		
Subdomínio	Massa e tamanho dos átomos		
Objetivo geral	Consolidar e ampliar conhecimentos sobre elementos químicos e dimensões à escala atômica.		
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº de aulas
<ul style="list-style-type: none"> • Ordens de grandeza e escalas de comprimento • Dimensões à escala atômica • Massa isotópica e massa atômica relativa média • Quantidade de matéria e massa molar • Fração molar e fração mássica • AL 1.1 Volume e número de moléculas de uma gota de água 	<p>1.1 Descrever a constituição de átomos com base no número atômico, no número de massa e na definição de isótopos.</p> <p>1.2 Determinar a ordem de grandeza de um número relacionando tamanhos de diferentes estruturas na natureza (por exemplo, célula, ser humano, Terra e Sol) numa escala de comprimentos.</p> <p>1.3 Comparar ordens de grandeza de distâncias e tamanhos à escala atômica a partir, por exemplo, de imagens de microscopia de alta resolução, justificando o uso de unidades adequadas.</p> <p>1.4 Associar a nanotecnologia à manipulação da matéria a escala atômica e molecular e identificar algumas das suas aplicações com base em informação selecionada.</p> <p>1.5 Indicar que o valor de referência usado como padrão para a massa relativa dos átomos e das moléculas é 1/12 da massa do átomo de carbono-12.</p> <p>1.6 Interpretar o significado de massa atômica relativa média e calcular o seu valor a partir de massas isotópicas, justificando a proximidade do seu valor com a massa do isótopo mais abundante.</p> <p>1.7 Identificar a quantidade de matéria como uma das grandezas do Sistema Internacional (SI) de unidades e caracterizar a sua unidade, mole, com referência ao número de Avogadro de entidades.</p> <p>1.8 Relacionar o número de entidades numa dada amostra com a quantidade de matéria nela presente, identificando a constante de Avogadro como constante de proporcionalidade.</p> <p>1.9 Calcular massas molares a partir de tabelas de massas atômicas relativas (médias).</p> <p>1.10 Relacionar a massa de uma amostra e a quantidade de matéria com a massa molar.</p> <p>1.11 Determinar composições quantitativas em fração molar e em fração mássica, e relacionar estas duas grandezas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manual: Apresentação dos conteúdos, questões resolvidas e atividade: pp. 10 a 26 Resumo: pp. 27 Atividade laboratorial 1.1: pp. 28 – 30 +Questões: pp. 31 – 38 • Caderno de Exercícios: pp. 4 a 16 • Caderno de Apoio ao Professor: pp. 41 a 44 • Recursos: Aula digital 	7+3(AL1.1)

Domínio	Elementos químicos e sua organização		
Subdomínio	Energia dos elétrons nos átomos		
Objetivo geral	Reconhecer que a energia dos elétrons nos átomos pode ser alterada por absorção ou emissão de energias bem definidas, correspondendo a cada elemento um espectro atômico característico, e que os elétrons nos átomos se podem considerar distribuídos por níveis e subníveis de energia.		
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº de aulas
<ul style="list-style-type: none"> • Espectros contínuos e descontínuos • O modelo atômico de Bohr • Transições eletrônicas • Quantização de energia • Espectro do átomo de hidrogénio • Energia de remoção eletrónica • Modelo quântico do átomo <ul style="list-style-type: none"> – Níveis e subníveis – Orbitais (<i>s</i>, <i>p</i> e <i>d</i>) 	<p>2.1 Indicar que a luz (radiação eletromagnética ou onda eletromagnética) pode ser detetada como partículas de energia (fotões), sendo a energia de cada fotão proporcional a frequência dessa luz.</p> <p>2.2 Identificar luz visível e não visível de diferentes frequências no espectro eletromagnético, comparando as energias dos respetivos fotões.</p> <p>2.3 Distinguir tipos de espectros: descontínuos e contínuos; de absorção e de emissão.</p> <p>2.4 Interpretar o espectro de emissão do átomo de hidrogénio através da quantização da energia do elétron, concluindo que esse espectro resulta de transições eletrônicas entre níveis energéticos.</p> <p>2.5 Identificar a existência de níveis de energia bem definidos, e a ocorrência de transições de elétrons entre níveis por absorção ou emissão de energias bem definidas, como as duas ideias fundamentais do modelo atômico de Bohr que prevalecem no modelo atômico atual.</p> <p>2.6 Associar à existência de níveis de energia a quantização da energia do elétron no átomo de hidrogénio e concluir que esta quantização se verifica para todos os átomos.</p> <p>2.7 Associar cada série espectral do átomo de hidrogénio a transições eletrônicas com emissão de radiação nas zonas do ultravioleta, visível e infravermelho.</p> <p>2.8 Relacionar, no caso do átomo de hidrogénio, a energia envolvida numa transição eletrónica com as energias dos níveis entre os quais essa transição se dá.</p> <p>2.9 Comparar espectros de absorção e de emissão de elementos químicos, concluindo que são característicos de cada elemento.</p> <p>2.10 Identificar, a partir de informação selecionada, algumas aplicações da espectroscopia atômica (por exemplo, identificação de elementos químicos nas estrelas, determinação de quantidades vestigiais em química forense).</p> <p>2.11 Indicar que a energia dos elétrons nos átomos inclui o efeito das atrações entre os elétrons e o núcleo, por as suas cargas serem de sinais contrários, e das repulsões entre os elétrons, por as suas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manual: Apresentação dos conteúdos, questões resolvidas e atividade: pp. 40 a 64 Resumo: pp. 65 Atividade laboratorial 1.2: pp. 66 a 68 +Questões: pp. 69 a 78 • Caderno de Exercícios: pp. 18 a 28 • Caderno de Apoio ao Professor: 	14+2(AL1.2)

<p>– <i>Spin</i></p> <p>• Configuração eletrônica de átomos</p> <p>– Princípio da construção (ou de <i>Aufbau</i>)</p> <p>– Princípio da Exclusão de Pauli</p> <p>• AL 1.2 Teste de chama</p>	<p>cargas serem do mesmo sinal.</p> <p>2.12 Associar a nuvem eletrônica a uma representação da densidade da distribuição de elétrons à volta do núcleo atômico, correspondendo as regiões mais densas a maior probabilidade de aí encontrar elétrons.</p> <p>2.13 Concluir, a partir de valores de energia de remoção eletrônica, obtidas por espectroscopia fotoeletrônica, que átomos de elementos diferentes têm valores diferentes da energia dos elétrons.</p> <p>2.14 Interpretar valores de energias de remoção eletrônica, obtidos por espectroscopia fotoeletrônica, concluindo que os elétrons se podem distribuir por níveis e subníveis de energia.</p> <p>2.15 Indicar que os elétrons possuem, além de massa e carga, uma propriedade quantizada denominada <i>spin</i> que permite dois estados diferentes.</p> <p>2.16 Associar orbital atômica à função que representa a distribuição no espaço de um elétron no modelo quântico do átomo.</p> <p>2.17 Identificar as orbitais atômicas <i>s</i>, <i>p</i> e <i>d</i>, com base em representações da densidade eletrônica que lhes esta associada e distingui-las quanto ao número e à forma.</p> <p>2.18 Indicar que cada orbital pode estar associada, no máximo, a dois elétrons, com <i>spin</i> diferente, relacionando esse resultado com o princípio de Pauli.</p> <p>2.19 Concluir, a partir de valores de energia de remoção eletrônica, obtidas por espectroscopia fotoeletrônica, que orbitais de um mesmo subnível <i>np</i>, ou <i>nd</i>, têm a mesma energia.</p> <p>2.20 Estabelecer as configurações eletrônicas dos átomos, utilizando a notação <i>spd</i>, para elementos até $Z = 23$, atendendo ao Princípio da Construção, ao Princípio da Exclusão de Pauli e à maximização do número de elétrons desemparelhados em orbitais degeneradas.</p>	<p>pp. 45 a 50</p> <p>• Recursos: Aula digital</p>	
Domínio	Elementos químicos e sua organização		
Subdomínio	Tabela Periódica		
Objetivo geral	Reconhecer na Tabela Periódica um meio organizador de informação sobre os elementos químicos e respectivas substâncias elementares e compreender que a estrutura eletrônica dos átomos determina as propriedades dos elementos.		
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº de aulas

<ul style="list-style-type: none"> • Evolução histórica da Tabela Periódica • Estrutura da Tabela Periódica: grupos, períodos e blocos • Elementos representativos e de transição • Famílias de metais e de não metais • Propriedades periódicas <ul style="list-style-type: none"> – Raio atômico – Energia de ionização • Al 1.3 Densidade relativa de metais 	<p>3.1 Identificar marcos históricos relevantes no estabelecimento da Tabela Periódica atual.</p> <p>3.2 Interpretar a organização da Tabela Periódica com base em períodos, grupos e blocos e relacionar a configuração eletrônica dos átomos dos elementos com a sua posição relativa na Tabela Periódica.</p> <p>3.3 Identificar a energia de ionização e o raio atômico como propriedades periódicas dos elementos.</p> <p>3.4 Distinguir entre propriedades de um elemento e propriedades da(s) substância(s) elementar(es) correspondentes.</p> <p>3.5 Comparar raios atômicos e energias de ionização de diferentes elementos químicos com base nas suas posições relativas na Tabela Periódica.</p> <p>3.6 Interpretar a tendência geral para o aumento da energia de ionização e para a diminuição do raio atômico observados ao longo de um período da Tabela Periódica.</p> <p>3.7 Interpretar a tendência geral para a diminuição da energia de ionização e para o aumento do raio atômico observados ao longo de um grupo da Tabela Periódica.</p> <p>3.8 Explicar a formação dos iões mais estáveis de metais e de não-metais.</p> <p>3.9 Justificar a baixa reatividade dos gases nobres.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manual: Apresentação dos conteúdos, questões resolvidas e atividade: pp. 80 a 92 Resumo: pp. 93 Atividade laboratorial 1.3: pp. 94 a 97 +Questões: pp. 98 a 103 • Caderno de Exercícios: pp. 30 a 40 • Caderno de Apoio ao Professor: pp.51 a 53 • Recursos: Aula digital 	7+3(AL1.3)
Domínio	Propriedades e transformações da matéria		
Subdomínio	Ligação química		
Objetivo geral	Compreender que as propriedades das moléculas e materiais são determinadas pelo tipo de átomos, pela energia das ligações e pela geometria das moléculas.		
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº de aulas

<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de ligações químicas • Ligação covalente <ul style="list-style-type: none"> – Estrutura de Lewis – Energia de ligação e comprimento de ligação – Polaridade das ligações – Geometria molecular – Polaridade das moléculas – Estrutura de moléculas orgânicas e biológicas • Ligações intermoleculares <ul style="list-style-type: none"> – Ligações de hidrogénio – Forças de van der Waals (de London, entre moléculas polares e entre moléculas polares e 	<p>1.1 Indicar que um sistema de dois ou mais átomos pode adquirir maior estabilidade através da formação de ligações químicas.</p> <p>1.2 Interpretar as interações entre átomos através das forças de atração entre núcleos e eletrões, forças de repulsão entre eletrões e forças de repulsão entre núcleos.</p> <p>1.3 Interpretar gráficos da energia em função da distância internuclear durante a formação de uma molécula diatómica identificando o predomínio das repulsões a curta distância e o predomínio das atrações a longa distância, sendo estas distâncias respetivamente menores e maiores do que a distância de equilíbrio.</p> <p>1.4 Indicar que os átomos podem partilhar eletrões formando ligações covalentes (partilha localizada de eletrões de valência), ligações iónicas (transferência de eletrões entre átomos originando estruturas com caráter iónico) e ligações metálicas (partilha de eletrões de valência deslocalizados por todos os átomos).</p> <p>1.5 Associar as ligações químicas em que não há partilha significativa de eletrões a ligações intermoleculares.</p> <p>1.6 Interpretar a ocorrência de ligações covalentes simples, duplas ou triplas em H₂, N₂, O₂ e F₂, segundo o modelo de Lewis.</p> <p>1.7 Representar, com base na regra do octeto, as fórmulas de estrutura de Lewis de moléculas como CH₄, NH₃, H₂O e CO₂.</p> <p>1.8 Relacionar o parâmetro ângulo de ligação nas moléculas CH₄, NH₃, H₂O e CO₂ com base no modelo da repulsão dos pares de eletrões de valência.</p> <p>1.9 Prever a geometria molecular, com base no modelo da repulsão dos pares de eletrões de valência, em moléculas como CH₄, NH₃, H₂O e CO₂.</p> <p>1.10 Prever a relação entre as energias de ligação ou os comprimentos de ligação em moléculas semelhantes, com base na variação das propriedades periódicas dos elementos envolvidos nas ligações (por exemplo H₂O e H₂S ou HCl e HBr).</p> <p>1.11 Indicar que as moléculas diatómicas homonucleares são apolares e que as moléculas diatómicas heteronucleares são polares, interpretando essa polaridade com base na distribuição de carga elétrica entre os átomos.</p> <p>1.12 Identificar ligações polares e apolares com base no tipo de átomos envolvidos na ligação.</p> <p>1.13 Indicar alguns exemplos de moléculas polares (H₂O, NH₃) e apolares (CO₂, CH₄).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manual: Apresentação dos conteúdos, questões resolvidas e atividade: pp. 108 a 138 Resumo: pp. 139 Atividade laboratorial 2.1: pp. 140 a 142 +Questões: pp. 143 a 150 • Caderno de Exercícios: pp. 42 a 54 • Caderno de Apoio ao Professor: pp. 54 a 61 • Recursos: Aula digital • Manual: Apresentação dos Conteúdos e questões resolvidas: 	9+2(AL2.1)
--	--	---	-------------------

apolares) • AL 2.1 Miscibilidade de líquidos	<p>1.14 Identificar hidrocarbonetos saturados, insaturados e haloalcanos e, no caso de hidrocarbonetos saturados de cadeia aberta até 6 átomos de carbono, representar a fórmula de estrutura a partir do nome ou escrever o nome a partir da fórmula de estrutura.</p> <p>1.15 Interpretar e relacionar os parâmetros de ligação, energia e comprimento, para a ligação CC nas moléculas etano, eteno e etino.</p> <p>1.16 Identificar grupos funcionais (álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e amins) em moléculas orgânicas, biomoléculas e fármacos, a partir das suas fórmulas de estrutura.</p> <p>1.17 Identificar ligações intermoleculares – de hidrogénio e de van der Waals – com base nas características das unidades estruturais.</p> <p>1.18 Relacionar a miscibilidade ou imiscibilidade de líquidos com as ligações intermoleculares que se estabelecem entre unidades estruturais.</p>	pp. 152 a 162 Resumo: pp. 163	
Domínio	Propriedades e transformações da matéria		
Subdomínio	Gases e dispersões		
Objetivo geral	Reconhecer que muitos materiais se apresentam na forma de dispersões que podem ser caracterizadas quanto à sua composição.		
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº de aulas
<ul style="list-style-type: none"> • Lei de Avogadro, volume molar e massa volúmica • Soluções, colóides. • Composição quantitativa de soluções <ul style="list-style-type: none"> – Concentração em massa – Concentração – Percentagem em volume e percentagem em massa 	<p>2.1 Definir volume molar e, a partir da Lei de Avogadro, concluir que tem o mesmo valor para todos os gases à mesma pressão e temperatura.</p> <p>2.2 Relacionar a massa de uma amostra gasosa e a quantidade de matéria com o volume molar, definidas as condições de pressão e temperatura.</p> <p>2.3 Relacionar a massa volúmica de uma substância gasosa com a sua massa molar e volume molar.</p> <p>2.4 Descrever a composição da troposfera terrestre, realçando N₂ e O₂ como os seus componentes ma</p> <p>2.6 Distinguir solução, dispersão coloidal e suspensão com base na ordem de grandeza da dimensão das partículas constituintes.</p> <p>2.7 Descrever a atmosfera terrestre como uma solução gasosa, na qual também se encontram colóides e suspensões de matéria particulada.</p> <p>2.8 Determinar a composição quantitativa de soluções aquosas e gasosas (como, por exemplo, a atmosfera terrestre), em concentração, concentração em massa, fração molar, percentagem em</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades laboratoriais 2.2 e 2.3: pp. 164 a 167 +Questões: pp. 168 a 174 • Caderno de Exercícios: pp. 56 a 70 • Caderno de Apoio 	12+3(AL2.2)

<ul style="list-style-type: none"> – Partes por milhão • Diluição de soluções aquosas • AL 2.2 Soluções a partir de solutos sólidos 	<p>massa e em volume e partes por milhão, e estabelecer correspondências adequadas.</p>	<p>ao Professor: pp. 62 a 65</p> <p>• Recursos: Aula digital</p>	
Domínio	Propriedades e transformações da matéria		
Subdomínio	Transformações químicas		
Objetivo geral	Compreender os fundamentos das reações químicas, incluindo reações fotoquímicas, do ponto de vista energético e da ligação química.		
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº de aulas
<ul style="list-style-type: none"> • Energia de ligação e reações químicas <ul style="list-style-type: none"> – Processos endoenergéticos e exoenergéticos – Variação da entalpia 	<p>.1 Interpretar uma reação química como resultado de um processo em que ocorre rutura e formação de ligações químicas.</p> <p>3.2 Interpretar a formação de ligações químicas como um processo exoenergético e a rutura como um processo endoenergético.</p> <p>3.3 Classificar reações químicas em exotérmicas ou em endotérmicas como aquelas que, num sistema isolado, ocorrem, respetivamente, com aumento ou diminuição de temperatura.</p> <p>3.4 Interpretar a energia da reação como o balanço energético entre a energia envolvida na rutura e na formação de ligações químicas, designá-la por variação de entalpia para transformações a pressão constante, e interpretar o seu sinal (positivo ou negativo)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manual: Apresentação dos conteúdos, questões resolvidas e atividade: pp. 176 a 190 	7

Provas de avaliação e respetiva correção: 10 aulas

1ª aula, teste diagnóstico e autoavaliação: 3 aulas

Outras atividades: 1 aula

TOTAL DE AULAS DO 1º PERÍODO = 83

2º PERÍODO			
Domínio	Propriedades e transformações da matéria		
Subdomínio	Transformações químicas		
Objetivo geral	Compreender os fundamentos das reações químicas, incluindo reações fotoquímicas, do ponto de vista energético e da ligação química.		
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº de aulas

<ul style="list-style-type: none"> • Reações fotoquímicas na atmosfera <ul style="list-style-type: none"> – Fotodissociação e fotoionização – Radicais livres e estabilidade das espécies químicas – Ozono estratosférico • AL 2.3 Diluição de soluções • AL 2.4 Reação fotoquímica 	<p>3.5 Interpretar representações da energia envolvida numa reação química relacionando a energia dos reagentes e dos produtos e a variação de entalpia.</p> <p>3.6 Determinar a variação de entalpia de uma reação química a partir das energias de ligação e a energia de ligação a partir da variação de entalpia e de outras energias de ligação.</p> <p>3.7 Identificar transformações químicas desencadeadas pela luz, designando-as por reações fotoquímicas.</p> <p>3.8 Distinguir fotodissociação de fotoionização e representar simbolicamente estes fenómenos.</p> <p>3.9 Interpretar fenómenos de fotodissociação e fotoionização na atmosfera terrestre envolvendo O_2, O_3, e N_2 relacionando-os com a energia da radiação envolvida e com a estabilidade destas moléculas.</p> <p>3.10 Identificar os radicais livres como espécies muito reativas por possuírem eletrões desemparelhados.</p> <p>3.11 Interpretar a formação e destruição do ozono estratosférico, com base na fotodissociação de O_2 e de O_3, por envolvimento de radiações ultravioletas UVB e UVC, concluindo que a camada de ozono atua como um filtro dessas radiações.</p> <p>3.12 Explicar a formação dos radicais livres a partir dos clorofluorocarbonetos (CFC) tirando conclusões sobre a sua estabilidade na troposfera e efeitos sobre o ozono estratosférico.</p> <p>3.13 Indicar que o ozono na troposfera atua como poluente em contraste com o seu papel protetor na estratosfera.</p>	<p>Atividade laboratorial 2.4: pp. 192 e 193</p> <p>+Questões: pp. 194 a 199</p> <p>Resumo: pp. 191</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caderno de Exercícios: pp. 72 a 80 • Caderno de Apoio ao Professor: pp. 66 a 69 • Recursos: Aula digital 	<p>10+6(AL2.3 + AL 2.4)</p>
COMPONENTE DE FÍSICA			
Domínio	Energia e sua conservação		
Subdomínio	Energia e movimentos		

Objetivo geral	Compreender em que condições um sistema pode ser representado pelo seu centro de massa e que a sua energia como um todo resulta do seu movimento (energia cinética) e da interação com outros sistemas (energia potencial); interpretar as transferências de energia como trabalho em sistemas mecânicos, os conceitos de força conservativa e de força não conservativa e a relação entre trabalho e variações de energia, reconhecendo situações em que há conservação de energia mecânica.		
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº de aulas
<ul style="list-style-type: none"> • Energia cinética e energia potencial; energia interna • Sistema mecânico; sistema redutível a uma partícula (centro de massa) • O trabalho como medida da energia transferida por ação de forças; trabalho realizado por forças constantes • Teorema da Energia Cinética • Forças conservativas e não conservativas; o peso como força conservativa; trabalho realizado pelo peso e variação da energia potencial gravítica • Energia mecânica e conservação da energia mecânica • Forças não conservativas e variação da energia mecânica • Potência • Conservação de energia, 	<p>1.1 Indicar que um sistema físico (sistema) é o corpo ou o conjunto de corpos em estudo. 1.2 Associar a energia cinética ao movimento de um corpo e a energia potencial (gravítica, elétrica, elástica) a interações desse corpo com outros corpos.</p> <p>1.3 Aplicar o conceito de energia cinética na resolução de problemas envolvendo corpos que apenas têm movimento de translação.</p> <p>1.4 Associar a energia interna de um sistema às energias cinética e potencial das suas partículas.</p> <p>1.5 Identificar um sistema mecânico como aquele em que as variações de energia interna não são tidas em conta.</p> <p>1.6 Indicar que o estudo de um sistema mecânico que possua apenas movimento de translação pode ser reduzido ao de uma única partícula com a massa do sistema, identificando-a com o centro de massa.</p> <p>1.7 Identificar trabalho como uma medida da energia transferida entre sistemas por ação de forças e calcular o trabalho realizado por uma força constante em movimentos retilíneos, qualquer que seja a direção dessa força, indicando quando é máximo.</p> <p>1.8 Enunciar e aplicar o Teorema da Energia Cinética.</p> <p>1.9 Definir forças conservativas e forças não conservativas, identificando o peso como uma força conservativa.</p> <p>1.10 Aplicar o conceito de energia potencial gravítica ao sistema em interação corpo-Terra, a partir de um valor para o nível de referência.</p> <p>1.11 Relacionar o trabalho realizado pelo peso com a variação da energia potencial gravítica e aplicar esta relação na resolução de problemas.</p> <p>1.12 Definir e aplicar o conceito de energia mecânica.</p> <p>1.13 Concluir, a partir do Teorema da Energia Cinética, que, se num sistema só atuarem forças conservativas, ou se também atuarem forças não conservativas que não realizem trabalho, a energia mecânica do sistema será constante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manual: Apresentação dos conteúdos, questões resolvidas e atividade: pp. 10 a 38 Resumo: pp. 39 Atividades laboratoriais 1.1 e 1.2 : pp. 48 a 54 +Questões: pp. 55 a 68 • Caderno de Exercícios: pp. 4 a 20 • Caderno de Apoio ao Professor: pp. 23 a 33 	26+6 (AL 1.1+AL1.2)

<p>dissipação de energia e rendimento</p> <ul style="list-style-type: none"> • AL 1.1 Movimento num plano inclinado: variação da energia cinética e distância percorrida • AL 1.2 Movimento vertical de queda e ressalto de uma bola: transformações e transferências de energia. 	<p>1.14 Analisar situações do quotidiano sob o ponto de vista da conservação da energia mecânica, identificando transformações de energia (energia potencial gravítica em energia cinética e vice-versa).</p> <p>1.15 Relacionar a variação de energia mecânica com o trabalho realizado pelas forças não conservativas e aplicar esta relação na resolução de problemas.</p> <p>1.16 Associar o trabalho das forças de atrito à diminuição de energia mecânica de um corpo e à energia dissipada, a qual se manifesta, por exemplo, no aquecimento das superfícies em contacto.</p> <p>1.17 Aplicar o conceito de potência na resolução de problemas.</p> <p>1.18 Interpretar e aplicar o significado de rendimento em sistemas mecânicos, relacionando a dissipação de energia com um rendimento inferior a 100%.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos Aula digital
--	---	--

Domínio	Energia e sua conservação		
Subdomínio	Energia e fenómenos elétricos		
Objetivo geral	Descrever circuitos elétricos a partir de grandezas elétricas; compreender a função de um gerador e as suas características e aplicar a conservação da energia num circuito elétrico tendo em conta o efeito Joule.		
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº de aulas
<ul style="list-style-type: none"> • Grandezas elétricas: corrente elétrica, diferença de potencial elétrico e resistência elétrica. • Corrente contínua e corrente alternada • Resistência de condutores filiformes 	<p>2.1 Interpretar o significado das grandezas corrente elétrica, diferença de potencial elétrico (tensão elétrica) e resistência elétrica.</p> <p>2.2 Distinguir corrente contínua de corrente alternada.</p>	<p>Manual: Apresentação dos conteúdos, questões resolvidas :</p>	14

	<p>2.3 Interpretar a dependência da resistência elétrica de um condutor filiforme com a resistividade, característica do material que o constitui, e com as suas características geométricas (comprimento e área da secção reta).</p> <p>2.4 Comparar a resistividade de materiais bons condutores, maus condutores e semicondutores e indicar como varia com a temperatura, justificando, com base nessa dependência, exemplos de aplicação (resistências padrão para calibração, termistor em termômetros, etc.).</p>	pp. 70 a 79	
--	---	-------------	--

Provas de avaliação: 10 aulas

Autoavaliação e outras atividades: 4 aulas

TOTAL DE AULAS DO 2º PERÍODO = 76

3º PERÍODO			
Domínio	Energia e sua conservação		
Subdomínio	Energia e fenómenos elétricos		
Objetivo geral	Descrever circuitos elétricos a partir de grandezas elétricas; compreender a função de um gerador e as suas características e aplicar a conservação da energia num circuito elétrico tendo em conta o efeito Joule.		
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº de aulas
<ul style="list-style-type: none"> • Efeito Joule • Geradores de corrente contínua: força eletromotriz e resistência interna; curva característica 	<p>2.5 Associar o efeito Joule à energia dissipada nos componentes elétricos, devido à sua resistência, e que é transferida para as vizinhanças através de calor, identificando o LED (díodo emissor de luz) como um componente de elevada eficiência (pequeno efeito Joule).</p> <p>2.6 Caracterizar um gerador de tensão contínua pela sua força eletromotriz e resistência interna, interpretando o seu significado, e determinar esses valores a partir da curva característica.</p> <p>2.7 Identificar associações de componentes elétricos em série e paralelo e caracterizá-las quanto às</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manual: Apresentação dos conteúdos, questões resolvidas e atividade: pp. 80 a 93 	4+3 (AL 2.1)

<ul style="list-style-type: none"> • Associações em série e em paralelo: diferença de potencial elétrico e corrente elétrica • Conservação de energia em circuitos elétricos; potência elétrica • AL 2.1 Características de uma pilha 	<p>correntes elétricas que os percorrem e à diferença de potencial elétrico nos seus terminais.</p> <p>2.8 Interpretar a conservação da energia num circuito com gerador de tensão e condutores puramente resistivos, através da transferência de energia do gerador para os condutores, determinando diferenças de potencial elétrico, corrente elétrica, energias dissipadas e potência elétrica do gerador e do condutor.</p>	<p>Resumo: pp. 94</p> <p>Atividade laboratorial 2.1: pp. 95 a 97</p> <p>+Questões: pp. 98 a 106</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caderno de Exercícios: pp. 22 a 34 • Caderno de Apoio ao Professor: pp. 34 a 39 • Recursos Aula digital 	
Domínio	Energia e sua conservação		
Subdomínio	Energia, fenómenos térmicos e radiação		
Objetivo geral	Compreender os processos e mecanismos de transferências de energia entre sistemas termodinâmicos, interpretando-os com base na Primeira e na Segunda Leis da Termodinâmica.		
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº de aulas
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema, fronteira e vizinhança; sistema 	<p>3.1 Distinguir sistema, fronteira e vizinhança e definir sistema isolado.</p> <p>3.2 Identificar um sistema termodinâmico como aquele em que se tem em conta a sua energia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manual: 	<p>20+9 (AL 3.1+AL3.2+)</p>

<p>isolado; sistema termodinâmico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura, equilíbrio térmico e escalas de temperatura • O calor como medida da energia transferida espontaneamente entre sistemas a diferentes temperaturas • Radiação e irradiância • Mecanismos de transferência de energia por calor em sólidos e fluidos: condução e convecção • Condução térmica e condutividade térmica • Capacidade térmica mássica • Variação de entalpia de fusão e de vaporização • Primeira Lei da Termodinâmica: transferências de energia e 	<p>interna.</p> <p>3.3 Indicar que a temperatura é uma propriedade que determina se um sistema está ou não em equilíbrio térmico com outros e que o aumento de temperatura de um sistema implica, em geral, um aumento da energia cinética das suas partículas.</p> <p>3.4 Indicar que as situações de equilíbrio térmico permitem estabelecer escalas de temperatura, aplicando à escala de temperatura Celsius.</p> <p>3.5 Relacionar a escala de Celsius com a escala de Kelvin (escala de temperatura termodinâmica) e efetuar conversões de temperatura em graus Celsius e kelvin.</p> <p>3.6 Identificar calor como a energia transferida espontaneamente entre sistemas a diferentes temperaturas.</p> <p>3.7 Descrever as experiências de Thompson e de Joule identificando o seu contributo para o reconhecimento de que o calor é energia.</p> <p>3.8 Distinguir, na transferência de energia por calor, a radiação – transferência de energia através da propagação de luz, sem haver contacto entre os sistemas – da condução e da convecção que exigem contacto entre sistemas.</p> <p>3.9 Indicar que todos os corpos emitem radiação e que à temperatura ambiente emitem predominantemente no infravermelho, dando exemplos de aplicação desta característica (sensores de infravermelhos, visão noturna, termómetros de infravermelhos, etc.).</p> <p>3.10 Indicar que todos os corpos absorvem radiação e que a radiação visível é absorvida totalmente pelas superfícies pretas.</p> <p>3.11 Associar a irradiância de um corpo à energia da radiação emitida por unidade de tempo e por unidade de área.</p> <p>3.12 Identificar uma célula fotovoltaica como um dispositivo que aproveita a energia da luz solar para criar diretamente uma diferença de potencial elétrico nos seus terminais, produzindo uma corrente elétrica contínua.</p> <p>3.13 Dimensionar a área de um sistema fotovoltaico conhecida a irradiância solar média no local de instalação, o número médio de horas de luz solar por dia, o rendimento e a potência a debitar.</p> <p>3.14 Distinguir os mecanismos de condução e de convecção.</p> <p>3.15 Associar a condutividade térmica à taxa temporal de transferência de energia como calor por condução, distinguindo materiais bons e maus condutores do calor.</p> <p>3.16 Interpretar o significado de capacidade térmica mássica, aplicando-o na explicação de</p>	<p>Apresentação dos conteúdos, questões resolvidas e atividade: pp. 108 a 134 Resumo: pp. 135</p> <p>Atividades laboratoriais 3.1, 3.2 e 3.3: pp. 136 a 142 +Questões: pp. 143 a 155</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caderno de Exercícios: pp. 36 a 50 • Caderno de Apoio ao Professor: pp. 40 a 48 • Recursos Aula digital 	<p>AL3.3)</p>
--	--	---	----------------------

<p>conservação da energia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Segunda Lei da Termodinâmica: degradação da energia e rendimento • AL 3.1. Radiação e potência elétrica de um painel fotovoltaico • AL 3.2. Capacidade térmica mássica • AL 3.3. Balanço energético num sistema termodinâmico 	<p>fenómenos do quotidiano.</p> <p>3.17 Interpretar o conceito de variação de entalpias de fusão e de vaporização.</p> <p>3.18 Determinar a variação de energia interna de um sistema num aquecimento ou arrefecimento, aplicando os conceitos de capacidade térmica mássica e de variação de entalpia (de fusão ou de vaporização), interpretando o sinal dessa variação.</p> <p>3.19 Interpretar o funcionamento de um coletor solar, a partir de informação selecionada, e identificar as suas aplicações.</p> <p>3.20 Interpretar e aplicar a Primeira Lei da Termodinâmica.</p> <p>3.21 Associar a Segunda Lei da Termodinâmica ao sentido em que os processos ocorrem espontaneamente, diminuindo a energia útil.</p> <p>3.22 Efetuar balanços energéticos e calcular rendimentos.</p>		
---	--	--	--

Provas de avaliação: 6 aulas

Autoavaliação e outras atividades: 2 aulas

TOTAL DE AULAS DO 3º PERÍODO = 44

ANEXO 3.2

PLANIFICAÇÃO DE FÍSICA E QUÍMICA A DO 11º ANO

Domínio	1.Mecânica			
Subdomínio	1.1 Tempo, Posição e Velocidade			
Objetivo geral	Compreender diferentes descrições do movimento usando grandezas cinemáticas.			
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº tempos letivos (100min)	Instrumentos de avaliação
1.1. Referencial e posição 1.2. Deslocamento e distância percorrida 1.3. Rapidez média, velocidade média e velocidade 1.4. Gráficos posição-tempo 1.5. Gráficos velocidade-tempo	<p>1.1. Identificar a posição de uma partícula num referencial unidimensional.</p> <p>1.2. Medir posições e tempos em movimentos retilíneos reais recorrendo a sistemas de aquisição automática de dados e interpretar os respetivos gráficos posição-tempo.</p> <p>1.3. Descrever um movimento retilíneo a partir de um gráfico posição-tempo.</p> <p>1.4. Definir deslocamento, distinguindo-o de distância percorrida sobre a trajetória (espaço percorrido), e determinar a sua componente escalar num movimento retilíneo.</p> <p>1.5. Definir velocidade média, distinguindo-a de rapidez média, e determinar a sua componente escalar num movimento retilíneo.</p> <p>1.6. Indicar que num movimento se pode definir velocidade em cada instante e associá-la a uma grandeza vetorial que indica a direção e sentido do movimento e a rapidez com que o corpo está a mudar de posição.</p> <p>1.7. Representar o vetor velocidade em diferentes instantes em trajetórias retilíneas e curvilíneas.</p> <p>1.8. Concluir que se a velocidade for constante, num dado intervalo de tempo, ela será igual à velocidade média nesse intervalo de tempo e o movimento terá de ser retilíneo.</p> <p>1.9. Associar o valor positivo ou negativo da componente escalar da velocidade ao sentido positivo ou negativo num movimento retilíneo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Textos científicos ▪ Manual adotado ▪ Manual Digital ▪ Apresentações em powerpoint ▪ Filmes científico-didáticos ▪ Aula Digital ▪ Caderno de Exercícios 	5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Observação direta ▪ Testes escritos

	<p>1.10. Determinar a componente escalar da velocidade média a partir de gráficos posição-tempo de movimentos retilíneos.</p> <p>1.11. Associar a componente escalar da velocidade num dado instante ao declive da reta tangente à curva no gráfico posição-tempo nesse instante.</p> <p>1.12. Interpretar como varia a componente escalar da velocidade a partir de gráficos posição-tempo de movimentos retilíneos.</p> <p>1.13. Descrever um movimento retilíneo a partir de um gráfico velocidade-tempo.</p> <p>1.14. Classificar movimentos retilíneos em uniformes, acelerados ou retardados a partir da variação dos módulos da velocidade num intervalo de tempo, ou da representação vetorial de velocidades ou de gráficos velocidade-tempo.</p> <p>1.15. Determinar a componente escalar de um deslocamento ou uma distância percorrida sobre a trajetória, para movimentos retilíneos, a partir de gráficos velocidade-tempo.</p> <p>1.16. Associar um gráfico velocidade-tempo ao correspondente gráfico posição-tempo.</p>			
--	---	--	--	--

Domínio	1.-Mecânica			
Subdomínio	1.2 – Interações e seus efeitos			
Objetivo geral	Compreender a ação das forças, prever os seus efeitos usando as leis de Newton da dinâmica e aplicar essas leis na descrição e interpretação de movimentos.			
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº tempos	Instrumentos de

			letivos (100min)	avaliação
<p>2.1. Interações fundamentais na Natureza</p> <p>2.2. Interação gravítica e Terceira Lei de Newton</p> <p>2.3. Efeito das forças sobre a velocidade</p> <p>2.4. Aceleração</p> <p>2.5. Segunda Lei de Newton</p> <p>2.6. Primeira Lei de Newton</p> <p>AL 1.1. Queda livre: força gravítica e aceleração da gravidade</p> <p>AL 1.2. Forças nos movimentos retilíneos acelerado e uniforme</p>	<p>2.1. Associar o conceito de força a uma interação entre dois corpos.</p> <p>2.2. Identificar as quatro interações fundamentais na Natureza e associá-las a ordens de grandeza relativa dos respetivos alcances e intensidades.</p> <p>2.3. Enunciar e interpretar a Lei da Gravitação Universal.</p> <p>2.4. Relacionar as forças que atuam em corpos em interação com base na Terceira Lei de Newton.</p> <p>2.5. Associar o peso de um corpo à força de atração gravítica exercida pelo planeta onde o corpo se encontra, identificando o par ação-reação.</p> <p>2.6. Identificar e representar as forças que atuam em corpos em diversas situações, incluindo os pares ação-reação.</p> <p>2.7. Identificar um corpo em queda livre como aquele que está sujeito apenas à força gravítica, designando-o por «grave».</p> <p>2.8. Identificar a variação de velocidade, em módulo ou em direção, como um dos efeitos de uma força.</p> <p>2.9. Associar o efeito da componente de uma força que atua num corpo, segundo a direção da velocidade, à alteração do módulo da velocidade, aumentando-o ou diminuindo-o.</p> <p>2.10. Associar o efeito da componente de uma força que atua num corpo, segundo a direção perpendicular à velocidade, à alteração da direção da velocidade.</p> <p>2.11. Determinar a componente escalar da aceleração média num movimento retilíneo a partir de componentes escalares da velocidade e intervalos de tempo, ou de um gráfico velocidade-tempo, e resolver problemas que usem esta grandeza.</p> <p>2.12. Associar a grandeza aceleração ao modo como varia instantaneamente a velocidade.</p> <p>2.13. Concluir que, se a aceleração for constante, num dado intervalo de tempo, ela será</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Textos científicos ▪ Manual adotado ▪ Manual Digital ▪ Apresentações em powerpoint ▪ Filmes científico-didáticos ▪ Regras de segurança no Laboratório ▪ Material e equipamento de laboratório que permita a realização das atividades laboratoriais ▪ Aula Digital ▪ Caderno de 	9	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Observação direta ▪ Testes escritos ▪ Questões pré e pós-laboratoriais ▪ Fichas de avaliação teórico-práticas;

	<p>igual à aceleração média nesse intervalo de tempo.</p> <p>2.14. Designar por aceleração gravítica a aceleração a que estão sujeitos os corpos em queda livre, associando a variação da sua velocidade à ação da força gravítica.</p> <p>2.15. Definir movimento retilíneo uniformemente variado (acelerado e retardado).</p> <p>2.16. Indicar que a velocidade e a aceleração apenas têm a mesma direção em cada instante nos movimentos retilíneos.</p> <p>2.17. Justificar que um movimento retilíneo pode não ter aceleração mas que um movimento curvilíneo tem sempre aceleração.</p> <p>2.18. Relacionar, para movimentos retilíneos acelerados e retardados, os sentidos dos vetores aceleração e velocidade num certo instante.</p> <p>2.19. Interpretar gráficos força-aceleração e relacionar gráficos força-tempo e aceleração-tempo.</p> <p>2.20. Enunciar, interpretar e aplicar a Segunda Lei de Newton a situações de movimento retilíneo ou de repouso de um corpo (com e sem força de atrito).</p> <p>2.21. Representar os vetores resultante das forças, aceleração e velocidade, num certo instante, para um movimento retilíneo.</p> <p>2.22. Determinar a aceleração gravítica a partir da Lei da Gravitação Universal e da Segunda Lei de Newton.</p> <p>2.23. Enunciar e aplicar a Primeira Lei de Newton, interpretando-a com base na Segunda Lei, e associar a inércia de um corpo à respetiva massa.</p> <p>2.24. Indicar o contributo de Galileu para a formulação da Lei da Inércia e relacioná-lo com as conceções de movimento de Aristóteles.</p>	Exercícios		
--	--	------------	--	--

Domínio	1.-Mecânica			
Subdomínio	1.3 – Forças e movimentos			
Objetivo geral	Caracterizar movimentos retilíneos (uniformes, uniformemente variados e variados, designadamente os retilíneos de queda à superfície da Terra com resistência do ar desprezável ou apreciável) e movimentos circulares uniformes, reconhecendo que só é possível descrevê-los tendo em conta a resultante das forças e as condições iniciais.			
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº tempos letivos (100min)	Instrumentos de avaliação
3.1. Queda e lançamento na vertical com efeito da resistência do ar desprezável 3.2. Queda na vertical com efeito de resistência do ar apreciável 3.3. Planos horizontais e planos inclinados 3.4. Movimento circular uniforme A.L. 1.3. Movimento uniformemente retardado: velocidade e deslocamento	3.1 Determinar a aceleração de um grave a partir de um gráfico velocidade-tempo de um movimento real, obtendo a equação das velocidades (regressão linear), e concluir que o movimento é uniformemente variado (retardado na subida e acelerado na descida). 3.2 Interpretar gráficos posição-tempo e velocidade-tempo para movimentos retilíneos uniformemente variados. 3.3. Interpretar e aplicar as equações do movimento uniformemente variado conhecidas a resultante das forças e as condições iniciais (velocidade e posição iniciais). 3.4. Concluir, a partir das equações de movimento, que o tempo de queda de corpos em queda livre, com as mesmas condições iniciais, é independente da massa e da forma dos corpos. – movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado em planos horizontais e planos inclinados – movimento circular uniforme – periodicidade (período e frequência), forças, velocidade, velocidade angular e aceleração 3.5. Interpretar os gráficos posição-tempo e velocidade-tempo do movimento de um corpo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Textos científicos ▪ Manual adotado ▪ Manual Digital ▪ Fichas de trabalho ▪ Apresentações em <i>powerpoint</i> ▪ Filmes científico-didáticos ▪ Regras de segurança no Laboratório 	6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Observação direta ▪ Testes escritos ▪ Questões pré e pós-laboratoriais ▪ Fichas de avaliação teórico-práticas;

	<p>em queda vertical com resistência do ar apreciável, identificando os tipos de movimento: retilíneo acelerado (não uniformemente) e retilíneo uniforme.</p> <p>3.6. Definir velocidade terminal num movimento de queda com resistência do ar apreciável e determinar essa velocidade a partir dos gráficos posição-tempo ou velocidade-tempo de um movimento real por seleção do intervalo de tempo adequado.</p> <p>3.7. Concluir, a partir do gráfico velocidade-tempo, como varia a aceleração e a resultante das forças ao longo do tempo no movimento de um paraquedista, relacionando as intensidades das forças nele aplicadas, e identificar as velocidades terminais.</p> <p>3.8. Interpretar gráficos posição-tempo e velocidade-tempo em situações de movimento retilíneo e uniforme e estabelecer as respetivas expressões analíticas a partir das condições iniciais.</p> <p>3.9. Construir, para movimentos retilíneos uniformemente variados e uniformes, o gráfico posição-tempo a partir do gráfico velocidade-tempo e da posição inicial.</p> <p>3.10. Interpretar movimentos retilíneos em planos inclinados ou horizontais, aplicando as Leis de Newton e obtendo as equações do movimento, ou analisando o movimento do ponto de vista energético.</p> <p>3.11. Associar a variação exclusiva da direção da velocidade de um corpo ao efeito da atuação de uma força perpendicular à trajetória em cada ponto, interpretando o facto de a velocidade de um satélite, em órbita circular, não variar em módulo.</p> <p>3.12. Indicar que a força gravítica e a velocidade de um satélite permitem explicar por que razão a Lua não colide com a Terra assim como a forma das órbitas dos planetas em volta do Sol e dos satélites em volta dos planetas.</p> <p>3.13. Caracterizar o movimento circular e uniforme relacionando as direções da resultante das forças, da aceleração e da velocidade, indicando o sentido da resultante das forças e da aceleração e identificando como constantes ao longo do tempo os módulos da resultante das forças, da aceleração e da velocidade.</p> <p>3.14. Identificar exemplos de movimento circular uniforme.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Material e equipamento de laboratório que permita a realização das atividades laboratoriais ▪ Aula Digital ▪ Caderno de Exercícios 		
--	--	--	--	--

	<p>3.15. Identificar o movimento circular e uniforme com um movimento periódico, descrevê-lo indicando o seu período e frequência, definir módulo da velocidade angular e relacioná-la com o período (ou com a frequência) e com o módulo da velocidade.</p> <p>3.16. Relacionar quantitativamente o módulo da aceleração de um corpo em movimento circular e uniforme com o módulo da sua velocidade (ou da velocidade angular) e com o raio da circunferência descrita.</p> <p>3.17. Determinar o módulo da velocidade de um satélite para que ele descreva uma trajetória circular com um determinado raio.</p> <p>3.18. Indicar algumas aplicações de satélites terrestres e as condições para que um satélite seja geoestacionário.</p> <p>3.19. Calcular a altitude de um satélite terrestre, em órbita circular, a partir do seu período orbital (ou vice-versa).</p>			
--	---	--	--	--

Domínio	2.Ondas e Eletromagnetismo			
Subdomínio	2.1. Sinais e ondas			
Objetivo geral	Interpretar um fenómeno ondulatório como a propagação de uma perturbação, com uma certa velocidade; interpretar a periodicidade temporal e espacial de ondas periódicas harmónicas e complexas, aplicando esse conhecimento ao estudo do som.			
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº tempos letivos (100min)	Instrumentos de avaliação
1.1. Propagação de sinais (ondas) 1.2. Ondas harmónicas e	1.1. Associar um sinal a uma perturbação que ocorre localmente, de curta ou longa duração, e que pode ser usado para comunicar, identificando exemplos.	▪ Textos científicos	7	▪ Observação

<p>ondas complexas</p> <p>1.3. O som como onda de pressão</p> <p>A.L. 2.1.Características do som</p> <p>A.L. 2.2.Velocidade de propagação do som</p>	<p>1.2. Identificar uma onda com a propagação de um sinal num meio, com transporte de energia, e cuja velocidade de propagação depende de características do meio.</p> <p>1.3. Distinguir ondas longitudinais de transversais, dando exemplos.</p> <p>1.4. Distinguir ondas mecânicas de ondas eletromagnéticas.</p> <p>1.5. Identificar uma onda periódica como a que resulta da emissão repetida de um sinal em intervalos regulares.</p> <p>1.6. Associar um sinal harmónico (sinusoidal) ao sinal descrito por uma função do tipo $y = A \sin(\omega t)$, definindo amplitude de oscilação e frequência angular e relacionando a frequência angular com o período e com a frequência.</p> <p>1.7. Indicar que a energia de um sinal harmónico depende da amplitude de oscilação e da frequência do sinal.</p> <p>1.8. Associar uma onda harmónica (ou sinusoidal) à propagação de um sinal harmónico no espaço, indicando que a frequência de vibração não se altera e depende apenas da frequência da fonte.</p> <p>1.9. Concluir, a partir de representações de ondas, que uma onda complexa pode ser descrita como a sobreposição de ondas harmónicas.</p> <p>1.10. Associar período e comprimento de onda à periodicidade temporal e à periodicidade espacial da onda, respetivamente.</p> <p>1.11. Relacionar frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação e concluir que a frequência e o comprimento de onda são inversamente proporcionais quando a velocidade de propagação de uma onda é constante, ou seja, quando ela se propaga num meio homogéneo.</p> <p>1.12. Identificar diferentes pontos do espaço no mesmo estado de vibração na representação gráfica de uma onda num determinado instante.</p> <p>1.13. Interpretar um sinal sonoro no ar como resultado da vibração do meio, de cuja propagação resulta uma onda longitudinal que se forma por sucessivas compressões e</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual adotado ▪ Manual Digital ▪ Fichas de trabalho ▪ Apresentações em powerpoint ▪ Filmes científico-didáticos ▪ Regras de segurança no Laboratório ▪ Material e equipamento de laboratório que permita a realização das atividades laboratoriais ▪ Aula Digital ▪ Caderno de Exercícios 		<p>direta</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Testes escritos ▪ Questões pré e pós-laboratoriais ▪ Fichas de avaliação teórico-práticas;
---	---	--	--	---

	<p>rarefações do meio (variações de pressão).</p> <p>1.14. Identificar um sinal sonoro sinusoidal com a variação temporal da pressão num ponto do meio, descrita por $P(t) = P_0 \sin(\omega t)$, associando a amplitude de pressão, P_0, à intensidade do som originado e a frequência à altura do som.</p> <p>1.15. Justificar, por comparação das direções de vibração e propagação, que, nos meios líquidos ou gasosos, as ondas sonoras são longitudinais.</p> <p>1.16. Associar os termos sons puros e sons complexos respetivamente a ondas sonoras harmónicas e complexas.</p> <p>1.17. Aplicar os conceitos de frequência, amplitude, comprimento de onda e velocidade de propagação na resolução de questões sobre ondas harmónicas, incluindo interpretação gráfica.</p> <p>1.18. Indicar que um microfone transforma um sinal mecânico num sinal eléctrico e que um altifalante transforma um sinal eléctrico num sinal sonoro.</p>			
--	--	--	--	--

Domínio	2.Ondas e Eletromagnetismo
Subdomínio	2.2. Eletromagnetismo
Objetivo geral	Identificar as origens de campos eléctricos e magnéticos, caracterizando-os através de linhas de campo, reconhecer as

condições para a produção de correntes induzidas, interpretando a produção industrial de corrente alternada e as condições de transporte da energia elétrica; identificar alguns marcos importantes na história do eletromagnetismo.				
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº tempos letivos	Instrumentos de avaliação
<p>2.1. Carga elétrica</p> <p>2.2. Campo elétrico</p> <p>2.3 Campo magnético</p> <p>2.4. Indução eletromagnética e produção industrial da energia elétrica</p>	<p>2.1 Interpretar o aparecimento de corpos carregados eletricamente a partir da transferência de elétrons e da conservação da carga.</p> <p>2.2. Identificar um campo elétrico pela ação sobre cargas elétricas, que se manifesta por forças elétricas.</p> <p>2.3. Indicar que um campo elétrico tem origem em cargas elétricas.</p> <p>2.4. Identificar a direção e o sentido do campo elétrico num dado ponto quando a origem é uma carga pontual (positiva ou negativa) e comparar a intensidade do campo em diferentes pontos e indicar a sua unidade SI.</p> <p>2.5. Identificar informação fornecida por linhas de campo elétrico criado por duas cargas pontuais quaisquer ou por duas placas planas e paralelas com cargas simétricas (condensador plano), concluindo sobre a variação da intensidade do campo nessa região e a direção e sentido do campo num certo ponto.</p> <p>2.6. Relacionar a direção e o sentido do campo elétrico num ponto com a direção e sentido da força elétrica que atua numa carga pontual colocada nesse ponto.</p> <p>2.7. Identificar um campo magnético pela sua ação sobre ímanes, que se manifesta através de forças magnéticas.</p> <p>2.8. Indicar que um campo magnético pode ter origem em ímanes ou em correntes elétricas e descrever a experiência de Oersted, identificando-a como a primeira prova experimental da ligação entre eletricidade e magnetismo.</p> <p>2.9. Caracterizar qualitativamente a grandeza campo magnético num ponto, a partir da</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Textos científicos ▪ Manual adotado ▪ Manual Digital ▪ Fichas de trabalho ▪ Apresentações em powerpoint ▪ Filmes científico-didáticos ▪ Aula Digital ▪ Caderno de Exercícios 	5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Observação direta ▪ Testes escritos

	<p>representação de linhas de campo quando a origem é um íman, uma corrente elétrica num fio retilíneo, numa espira circular ou num solenoide, e indicar a sua unidade SI.</p> <p>2.10. Identificar campos uniformes (elétricos ou magnéticos) a partir das linhas de campo.</p> <p>2.11. Definir fluxo magnético que atravessa uma espira, identificando as condições que o tornam máximo ou nulo, indicar a sua unidade SI e determinar fluxos magnéticos para uma espira e várias espiras iguais e paralelas.</p> <p>2.12. Identificar condições em que aparecem correntes induzidas (fenómeno de indução eletromagnética) e interpretar e aplicar a Lei de Faraday.</p> <p>2.13. Interpretar a produção de corrente elétrica alternada em centrais elétricas com base na indução eletromagnética e justificar a vantagem de aumentar a tensão elétrica para o transporte da energia elétrica.</p> <p>2.14. Identificar a função de um transformador, relacionar as tensões do primário e do secundário com o respetivo número de espiras e justificar o seu princípio de funcionamento no fenómeno de indução eletromagnética.</p>			
--	---	--	--	--

Domínio	2.Ondas e Eletromagnetismo			
Subdomínio	2.3. Ondas eletromagnéticas			
Objetivo geral	Compreender a produção de ondas eletromagnéticas e caracterizar fenómenos ondulatórios a elas associados; fundamentar a sua utilização, designadamente nas comunicações e no conhecimento da evolução do Universo.			
Conteúdos	Metas Curriculares	Recursos	Nº tempos letivos	Instrumentos de avaliação
3.1. Espectro eletromagnético	3.1 Associar a origem de uma onda eletromagnética (radiação eletromagnética ou luz) à oscilação de uma carga elétrica, identificando a frequência da onda com a	▪ Textos científicos	7	▪ Observação

<p>3.2. Reflexão, transmissão e absorção</p> <p>3.3. Reflexão e refração da luz</p> <p>3.4 Difração</p> <p>3.5 Efeito Doppler</p> <p>A.L. 3.1. Ondas: absorção, reflexão, refração e reflexão total</p> <p>A.L. 3.2. Comprimento de onda e difração</p>	<p>frequência de oscilação da carga.</p> <p>3.2. Indicar que uma onda eletromagnética resulta da propagação de campos elétrico e magnético variáveis, perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação da onda.</p> <p>3.3. Identificar o contributo de Maxwell para a teoria das ondas eletromagnéticas e de Hertz para a produção e a deteção de ondas eletromagnéticas com grande comprimento de onda.</p> <p>3.4. Interpretar a repartição da energia de uma onda eletromagnética que incide na superfície de separação de dois meios (parte refletida, parte transmitida e parte absorvida) com base na conservação da energia, indicando que essa repartição depende da frequência da onda incidente, da inclinação da luz e dos materiais.</p> <p>3.5. Aplicar a repartição da energia à radiação solar incidente na Terra, assim como a transparência ou opacidade da atmosfera a ondas eletromagnéticas com certas frequências, para justificar a fração da radiação solar que é refletida (albedo) e a que chega à superfície terrestre e a importância (biológica, tecnológica) desta na vida do planeta.</p> <p>3.6. Enunciar e aplicar as Leis da Reflexão da Luz.</p> <p>3.7. Caracterizar a reflexão de uma onda eletromagnética, comparando as ondas incidente e refletida usando a frequência, velocidade, comprimento de onda e intensidade, e identificar aplicações da reflexão (radar, leitura de códigos de barras, etc.).</p> <p>3.8. Determinar índices de refração e interpretar o seu significado.</p> <p>3.9. Caracterizar a refração de uma onda, comparando as ondas incidente e refratada usando a frequência, velocidade, comprimento de onda e intensidade.</p> <p>3.10. Estabelecer, no fenómeno de refração, relações entre índices de refração e velocidades de propagação, índices de refração e comprimentos de onda, velocidades de propagação e comprimentos de onda.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual adotado ▪ Manual Digital ▪ Apresentações em powerpoint ▪ Filmes científico-didáticos ▪ Regras de segurança no Laboratório ▪ Material e equipamento de laboratório que permita a realização das atividades laboratoriais ▪ Aula Digital ▪ Caderno de Exercícios 		<p>direta</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Testes escritos ▪ Questões pré e pós-laboratoriais ▪ Fichas de avaliação teórico-práticas;
---	---	--	--	---

	<p>3.11. Enunciar e aplicar as Leis da Refração da Luz.</p> <p>3.12. Explicitar as condições para que ocorra reflexão total da luz, exprimindo-as quer em função do índice de refração quer em função da velocidade de propagação, e calcular ângulos limite.</p> <p>3.13. Justificar a constituição de uma fibra ótica com base nas diferenças de índices de refração dos materiais que a constituem e na elevada transparência do meio onde a luz se propaga de modo a evitar uma acentuada atenuação do sinal, dando exemplos de aplicação.</p> <p>3.14. Descrever o fenómeno da difração e as condições em que pode ocorrer.</p> <p>3.15. Fundamentar a utilização de bandas de frequências adequadas (ondas de rádio e micro-ondas) nas comunicações, nomeadamente por telemóvel e via satélite (incluindo o GPS).</p> <p>3.16. Descrever qualitativamente o efeito Doppler e interpretar o desvio no espectro para comprimentos de onda maiores como resultado do afastamento entre emissor e recetor, exemplificando com o som e com a luz.</p> <p>3.17. Indicar que as ondas eletromagnéticas possibilitam o conhecimento da evolução do Universo, descrito pela teoria do big-bang, segundo a qual o Universo tem estado em expansão desde o seu início.</p> <p>3.18. Identificar como evidências principais do big-bang o afastamento das galáxias, detetado pelo desvio para o vermelho nos seus espectros de emissão (equivalente ao efeito Doppler) e a existência de radiação de fundo, que se espalhou pelo Universo quando se formaram os primeiros átomos (principalmente hidrogénio e hélio) no Universo primordial.</p>			
--	--	--	--	--

ANEXO 3.3

CLASSIFICAÇÕES NA COMPONENTE DE FÍSICA DOS ALUNOS PARTICIPANTES DESTE ESTUDO

Escola A: Turma Experimental (TEA)		
Aluno [TEA]	Teste teórico 1 [TEA]	Teste teórico 2 [TEA]
A1	19,2	18,4
A2	13,0	12,4
A3	11,1	8,4
A4	10,5	10,0
A5	7,9	12,9
A6	5,7	11,2
A7	8,0	11,7
A8	20,0	19,3
A9	18,1	17,8
A10	10,7	11,5
A11	10,7	11,5
A12	14,5	18,9
A13	12,1	13,9
A14	12,3	17,4
A15	13,0	16,5
A16	5,7	6,0
A17	12,3	16,3
A18	16,3	12,2
A19	7,9	9,5
A20	8,4	7,5

Escola A: Turma Controlo (TCA)		
Aluno [TCA]	Teste teórico 1 [TCA]	Teste teórico 2 [TCA]
A1	10,9	9,3
A2	11,4	11,5
A3	14,0	13
A4	16,3	11
A5	18,7	18
A6	7,8	5,4
A7	9,6	8
A8	13,1	11,4
A9	10,7	11,4
A10	11,5	11
A11	5,9	6
A12	7,2	7
A13	19,4	19,6
A14	11,7	10,1
A15	10,6	9,1
A16	20,0	19,5
A17	8,4	9,4
A18	9,9	11
A19	10,2	8,5
A20	11,6	10,2

A21	10,4	4,6
A22	10,2	11,9
A23	9,3	12,5
MÉDIA	11,6217	12,7087

A21	10,7	10,1
A22	12,3	11,7
A23	11,1	10,6
A24	8,4	7,4
MÉDIA	11,7250	10,84166667

Escola B: Turma Experimental (TEB)		
Aluno [TEB]	Teste teórico 1 [TEB]	Teste teórico 2 [TEB]
A1	11,3	8,8
A2	10,4	12,5
A3	12,9	14,5
A4	5,8	6,9
A5	8	11,7
A6	9,7	10,8
A7	9,4	12,6
A8	11,8	14
A9	10,8	11,8
A10	8,3	11,1
A11	11,3	7,5
A12	10,4	12,3
MÉDIA	10,00833333	11,20833333

Escola B: Turma Controlo (TCB)		
Aluno [TCB]	Teste teórico 1 [TCB]	Teste teórico 2 [TCB]
A1	7,4	9,6
A2	11,6	13
A3	14,8	13
A4	8,6	7,4
A5	9,4	8,9
A6	10,9	5,8
A7	11,3	9,9
A8	9,8	8,3
A9	15,9	17,4
A10	10,2	12,3
A11	6,9	10,2
A12	11,8	10,7
A13	7,2	6
A14	10,1	2,1
A15	7,7	7,5

ANEXO 4

OBSERVAÇÃO DE AULAS

ANEXO 4.1**MODELO DA FICHA DE OBSERVAÇÃO DE AULAS****FICHA DE OBSERVAÇÃO**

Estabelecimento de ensino: _____

Ano: _____ Turma: _____ Disciplina: _____

Professor (a): _____ Sala: _____ Piso: _____

Sumário da aula: _____

Nº de alunos: _____ Faltas: _____ Data: ___/___/_____ Hora: _____

Tempo(s) letivo(s): _____ Observador (a): _____

Tempo (min)	Descrição (situações, comportamentos, inferência)	Ideias-chave

ANEXO 4.2**FICHAS DE OBSERVAÇÕES PREENCHIDAS ANTES DA INTERVENÇÃO****ESCOLA A****FICHA DE OBSERVAÇÃO ANTES DA INTERVENÇÃO**Estabelecimento de ensino: **Escola A**Ano: **10º** Turma: **E** Disciplina: **Física e Química A**Professor (a): **Professora A** Sala: **D1** Piso: **3º**Sumário da aula: **Consolidação do conteúdo da aula passada e, resolução de atividades no manual p. 22.**Nº de alunos: **22** Faltas: **1** Data: **21/02/2017** Hora: **15:30**Tempo(s) letivo(s): **2** Observador (a): **Candida Aparecida Machado**

Tempo (min)	Descrição (situações, comportamentos, inferência)	Ideias-chave
0'	Ocorre a entrada na sala de aula, a turma em geral, demora alguns minutos até acomodarem-se em seus lugares, nas suas carteiras. São dadas as instruções aos alunos para que se organizem rapidamente. A professora solicita silêncio para poder começar a aula.	A turma em geral, ao entrar na sala, demora certo alguns minutos até acomodarem-se em seus lugares (carteiras); A professora solicita que façam silêncio.

5'	A professora regista na lousa de giz o sumário da aula, é solicitado o silêncio da turma. Alguns alunos ainda não abriram o material de uso comum das aulas.	A Professora solicita silêncio da Turma.
8'	A professora inicia a revisão do conteúdo trabalhado na aula anterior (quarta-feira dia 15 de fevereiro) utilizando a lousa de giz. Alguns alunos participam oralmente, das suas carteiras. É solicitado que façam silêncio. Durante esta revisão utiliza expressões do gênero: “- o que acontece se o movimento da bola fosse ao contrário?” Os alunos sentem dificuldades em prever hipóteses.	A Professora solicita silêncio. Os alunos têm dificuldades em prever hipóteses.
25'	A professora solicita que abram o manual na página 55 para resolução de algumas atividades. Nota-se pouca motivação nos alunos e bastante conversas paralelas é solicitado o silêncio. Alguns alunos queixam-se por ter de fazer atividades. A Professora conversa com a turma sobre a importância e os objetivos da resolução das atividades propostas.	A professora solicita em muitos momentos da aula que façam silêncio; Nota-se pouca motivação para a resolução de atividades do manual.
35'	Alguns alunos durante a resolução de atividades do manual não estão a	Alguns alunos durante a resolução de atividades do

	<p>fazer as atividades propostas, a professora precisa intervir por duas vezes;</p> <p>Durante a resolução das atividades a professora vai esclarecendo as dúvidas dos alunos individualmente.</p> <p>A turma é bastante heterogênea, alguns alunos apresentam muitas dificuldades na resolução das atividades enquanto que outros as fazem sem dúvidas.</p>	<p>manual não estão a fazer as atividades propostas, a professora precisa intervir por duas vezes;</p> <p>A turma é bastante heterogênea, alguns alunos apresentam muitas dificuldades na resolução das atividades enquanto que outros as fazem sem dúvidas.</p>
52'	A professora vai a lousa esclarecer as dúvidas globais, as que mais estão surgindo durante a resolução das atividades.	As dúvidas também são esclarecidas na lousa, para a classe inteira.
75'	Inicia a correção das atividades na lousa de giz, a professora solicita que os alunos venham até a lousa para auxiliar poucos são os alunos que participaram.	Na correção das atividades na lousa poucos foram os alunos que participaram.
90'	Final da aula.	

ESCOLA B**FICHA DE OBSERVAÇÃO ANTES DA INTERVENÇÃO**Estabelecimento de ensino: **Escola B**Ano: **11º** Turma: **E** Disciplina: **Física e Química A**Professor (a): **Professora B** Sala: **B23** Piso: **2º**Sumário da aula: **Resolução de atividades no manual.**Nº de alunos: **12** Faltas: **0** Data: **28/10/2016** Hora: **13:30**Tempo(s) letivo(s): **2** Observador (a): **Candida Aparecida Machado**

Tempo (min)	Descrição (situações, comportamentos, inferência)	Ideias-chave
0'	Ocorre à entrada na sala de aula, a turma em geral organiza-se rapidamente. São dadas instruções para os alunos que deixem sobre as bancadas somente o material de uso comum da aula (caderno, manual e estojo) e, guardem as mochilas no fundo da sala.	A turma é bastante madura e disciplinada.
3'	A professora regista na lousa branca o sumário da aula, e os alunos realizam o registo nos seus cadernos.	

8'	<p>A professora faz uma retomada do conteúdo que trabalharam na aula anterior (terça-feira dia 25 de outubro) utilizando a lousa branca. Alguns alunos participam oralmente, fazem registros em seus cadernos, mostram-se preocupados em aprender o conteúdo e questionam sobre o tipo de questões que este conteúdo apresenta no exame nacional.</p> <p>Observam-se algumas pré-concepções em relação à representação gráfica e vetorial.</p> <p>A professora constantemente busca motivar os alunos.</p>	<p>São organizados e preocupados em aprender o conteúdo.</p> <p>Preocupam-se bastante com o tipo de questões do exame nacional.</p>
32'	<p>A professora solicita que abram o manual na página 33 para resolução de algumas atividades. Os alunos ajudam-se mutuamente durante a resolução das atividades, dificuldades conceituais são evidentes.</p> <p>A professora passa de bancada em bancada para esclarecer as dúvidas e acompanhar o trabalho dos alunos.</p>	<p>Apresentam muitas dificuldades conceituais.</p> <p>Durante a resolução de atividades proposta pela professora, os alunos ajudaram-se uns aos outros. A professora auxilia na resolução das atividades.</p>
40'	<p>A professora solicita que os alunos parem a resolução das atividades e, faz novamente uma revisão de alguns conceitos.</p>	<p>A professora muda de estratégia para que os alunos percebam melhor os conceitos envolvidos nas atividades propostas.</p>
78'	<p>A professora inicia a correção de atividades, poucos alunos participam da correção na lousa branca, na frente da classe inteira.</p>	

90'	Término da aula.	
-----	------------------	--

ANEXO 4.3

FICHAS DE OBSERVAÇÕES PREENCHIDAS DURANTE A INTERVENÇÃO

ESCOLA A

FICHA DE OBSERVAÇÃO DURANTE A INTERVENÇÃO

Estabelecimento de ensino: **Escola A**Ano: **10º** Turma: **E** Disciplina: **Física e Química A**Professor (a): **Professora A** Sala: **D1** Piso: **3º**Sumário da aula: **Energias cinética, potencial e mecânica. Utilização de um dispositivo pedagógico.**Nº de alunos: **22** Faltas: **0** Data: **14/03/2017** Hora: **15:30**Tempo(s) letivo(s): **2** Observador (a): **Candida Aparecida Machado**

Tempo (min)	Descrição (situações, comportamentos, inferência)	Ideias-chave
0'	A professora chega antes na sala de aula para deixar tudo organizado, ligando os dispositivos informáticos, computador e projetor. Professora comenta com a investigadora: << já vou deixar tudo ligado e preparado antes deles entrar>>. De seguida, ocorre à entrada dos alunos na sala de aula, ao perceberem	A professora ao entrar na sala de aula, antes dos alunos, vai diretamente ligar o computador, o projetor. Professora: << já vou deixar tudo ligado e preparado antes deles entrar>>. Os alunos ao entrar na sala e verificar que o QI está

	<p>que o QI está ligado ficam a olhar e a tentar perceber o que irá acontecer na aula, conversando entre eles, um grupo de alunos comenta que a aula terá projeção de <i>slides</i>.</p> <p>A professora solicita para que organizem rapidamente em seus lugares e que abram o material de aula. É possível observar que o fato do QI estar ligado causa um certo impacto na turma.</p>	<p>ligado voltam o olhar para ele.</p> <p>Um grupo de alunos comenta que a aula será com projeção de <i>slides</i>.</p>
5'	<p>A professora sem explicar que usariam o QI na aula para potencializar aprendizagens de Física, começa por escrever o sumário nele. Os alunos entre eles comentam sobre a possibilidade da professora usá-lo e questionam, a professora responde positivamente.</p>	<p>A professora não explica que irá usar o QI e, começa por escrever o sumário nele.</p> <p>Os alunos começam a comentar sobre o uso do QI e, questionam a professora.</p>
10'	<p>A professora abre um novo <i>flipchart</i> e insere uma imagem, solicita que os alunos visualizem-na e descrevam-na em termos físicos, os alunos mostram-se interessados na atividade, envolvidos na exploração do conteúdo e participam bastante da resolução da atividade.</p> <p>A professora solicita que algum aluno venha à frente para ajudar, envolve a turma na exploração do conteúdo.</p> <p>Várias ferramentas do QI são utilizadas na exploração desta primeira atividade, é possível perceber a motivação da professora e dos alunos.</p> <p>É possível observar que a professora está bem à vontade em usar o QI, já que este recurso nunca havia sido utilizado por ela em suas aulas.</p>	<p>Os alunos mostram-se interessados na aula.</p> <p>Muitos alunos disponibilizam-se para ir trabalhar no QI.</p> <p>Estão envolvidos na exploração do conteúdo e na resolução das atividades.</p> <p>Dois alunos falam, entre eles, que estão a gostar da aula com o QI.</p> <p>Envolve os alunos durante a exploração do conteúdo.</p> <p>Muitas ferramentas do QI são exploradas.</p> <p>É possível observar que a professora está bem à vontade em usar o QI.</p>

28'	<p>O <i>écran</i> do simulador é aberto os alunos ficam a olhar atentos, a professora inicia a simulação no simulador fazendo uso do <i>ActivPen</i>, interrompendo várias vezes a simulação e discute com os alunos o que foi visualizado, é observável a motivação e o entusiasmo da professora.</p> <p>Ao parar a simulação a professora abre o <i>flipchart</i> e compara com os alunos os resultados, momento em que é possível verificar um elevado grau de motivação da professora.</p>	<p>Quando aparece o <i>écran</i> do simulador os alunos ficam a olhar atentos.</p> <p>A professora realiza a simulação utilizando a caneta do QI.</p> <p>A professora interrompe por várias vezes a simulação para prever e discutir os resultados.</p> <p>Observa-se a motivação e a satisfação da professora ao usar o simulador.</p>
36'	<p>É solicitado que os alunos participem da exploração do simulador no QI, muitos alunos mostram-se interessados em participar.</p> <p>A professora faz a mediação da aula, questiona os alunos, desafia-os a prever e testar hipóteses.</p> <p>Um aluno: <<o que acontece se modificarmos a inclinação da rampa?>>.</p> <p>Uma aluna: <<e se testarmos de outra maneira?>>.</p> <p>Um aluno: <<agora estou a perceber, por isto que sempre erro professora?>>.</p> <p>Há muita interação na exploração, os alunos estão a participar ativamente, questionando a professora constantemente, estão a nas</p>	<p>A grande maioria dos alunos disponibiliza-se para ir realizar a simulação.</p> <p>É possível observar o envolvimento e a motivação dos alunos.</p> <p>Os alunos observam a simulação e interagem muito entre eles e a professora.</p> <p>A professora estimula os alunos a preverem os resultados, questiona-os, cria momentos de discussões.</p> <p>Um aluno: <<o que acontece se modificarmos a inclinação da rampa?>>.</p> <p>Uma aluna: <<e se testarmos de outra maneira?>>.</p>

	<p>atividades.</p> <p>As atividades estão a serem resolvidas no simulador e a combinar com o QI, onde vários conceitos estão a ser explorado, os alunos estão a fazer uso dos recursos corretamente e a professora mostra-se muito a vontade também.</p> <p>As discussões sobre as atividades estão a serem bastante positivas, alunos envolvidos e motivados.</p>	<p>Um aluno: <<agora estou a perceber, por isto que sempre erro professora?>>.</p> <p>Vários conceitos são explorados no simulador.</p> <p>Os alunos respondem aos questionamentos e fazem novos questionamentos à professora, momento de grande interação.</p>
65'	<p>A professora faz o fechamento das atividades, retomando pontos importantes.</p> <p>Os alunos respondem ao questionário.</p>	
90'	<p>No final da aula, um aluno pergunta à professora se vão continuar a usar o QI nas próximas aulas. Após a resposta positiva da professora, comentam que a aula foi muito boa.</p> <p>No final da intervenção a professora: <<eu gostei muito da aula de hoje, senti-me bem e eles também>>.</p> <p>Professora: <<consegui explorar muitos conceitos numa só aula e eles perceberam muito bem>>.</p>	<p>No final da aula, um aluno pergunta à professora se vão continuar a usar o QI nas próximas aulas. Após a resposta positiva da professora, comentam que a aula foi muito boa.</p> <p>No final da intervenção a professora: <<eu gostei muito da aula de hoje, senti-me bem e eles também>>.</p> <p>Professora: <<consegui explorar muitos conceitos numa só aula e eles perceberam muito bem>>.</p>

ESCOLA B**FICHA DE OBSERVAÇÃO DURANTE A INTERVENÇÃO**Estabelecimento de ensino: **Escola B**Ano: **11º** Turma: **E** Disciplina: **Física e Química A**Professor (a): **Professora B** Sala: **B23** Piso: **2º**Sumário da aula: **Lançamento de um grave na vertical e na horizontal. Estudo do plano inclinado em termos energético e utilizando as leis do movimento. Uso de um dispositivo pedagógico.**Nº de alunos: **12** Faltas: **0** Data: **07/11/2016** Hora: **13:30**Tempo(s) letivo(s): **3** Observador (a): **Candida Aparecida Machado**

Tempo (min)	Descrição (situações, comportamentos, inferência)	Ideias-chave
0'	<p>Entrada na sala de aula. Enquanto os alunos organizam-se a professora liga o computador, o projetor e calibra o QI é possível observar que está ansiosa.</p> <p>Muitos olhares, dos alunos, são lançados enquanto a professora calibra o QI e abre o seu <i>software</i>.</p> <p>A professora verbaliza para a observadora: <<estou um bocado nervosa, espero que corra tudo bem>>, a observadora conversa com a professora.</p>	<p>Enquanto os alunos organizam-se a professora liga o computador, o projetor e calibra o QI.</p> <p>Muitos olhares são lançados enquanto a professora calibra o QI e abre o seu <i>software</i>.</p>

5'	A professora inicia a aula passando o sumário utilizando o QI.	
8'	<p>A professora abre o <i>flipchart</i> do software do QI e insere uma imagem inicial, pede aos alunos para que em silêncio visualizem-na atentamente. Após pede para que façam a descrição em termos físicos da imagem e, solicita para que algum aluno venha até a frente fazer os registros.</p> <p>Durante esta descrição a professora mostra-se bastante motivada e envolvida, desenvolve momentos de discussão, envolve os alunos na resolução da tarefa.</p> <p>Os alunos participam a ativamente, apontam suas opiniões, discutem suas ideias, estão bastante entusiasmados e motivados, interagem com o recurso e a professora.</p> <p>O aluno faz todos os registros das descrições, é possível observar as pré-concepções existentes.</p> <p>Muitas ferramentas do QI são utilizadas.</p>	<p>A professora inicia a aula explorando uma imagem com a turma, onde convida um aluno para fazer os apontamentos das ideias da turma.</p> <p>A professora mostra-se bastante envolvida e motivada.</p> <p>A professora envolve os alunos, cria momentos ricos de discussão.</p> <p>Muitas ferramentas do QI são utilizadas.</p> <p>Muita discussão de ideias sobre a imagem inicial.</p> <p>É possível observar o entusiasmo dos alunos e a interação entre eles, a professora e o QI.</p>
33'	<p>A professora abre o simulador computacional, explica a turma que irão fazer a validação das descrições que apontaram na atividade.</p> <p>A professora solicita que algum aluno venha à frente para auxiliar, muitos alunos disponibilizam-se.</p> <p>Os alunos visualizam atentamente.</p> <p>Muita discussão na realização das atividades.</p>	<p>A professora abre o simulador e simula o movimento que representa a primeira imagem que ela apresenta para a turma.</p> <p>É possível observar o envolvimento a motivação e a satisfação da professora ao usar o simulador</p> <p>Um aluno conversa com outro: <<a aula está muito</p>

	<p>A professora está bastante motivada é possível observar a sua satisfação em usar o simulador.</p> <p>A professora desafia os alunos para preverem os resultados.</p> <p>Um aluno conversa com outro: <<a aula está muito interessante>>.</p> <p>Vários alunos participam da exploração do simulador no QI.</p>	<p>interessante>>.</p> <p>Vários alunos vão trabalhar no QI.</p>
52'	<p>Durante a resolução das atividades observa-se alguns diálogos: Aluno: <<professora: sabes que é muito diferente visualizarmos no quadro, é mais real estou a perceber melhor>>.</p> <p>A professora prevê os resultados com a turma, é feito os registos no <i>flipchart</i> do QI e realiza-se o teste para ser validado no simulador, os alunos interagem muito.</p> <p>Aluna: <<vamos voltar na outra página e ver o que escrevemos penso que achei um equívoco>></p> <p>Os equívocos são detetados pelos alunos um alugo sugere:</p> <p>Aluno: <<e se procurássemos na internet alguma coisa semelhante para tentarmos resolver>>.</p> <p>A professora interage com a turma e faz a mediação.</p>	<p>Aluno: <<professora: sabes que é muito diferente visualizarmos no quadro, é mais real estou a perceber melhor>>.</p> <p>Aluna: <<vamos voltar na outra página e ver o que escrevemos penso que achei um equívoco>></p> <p>Aluno: <<e se procurássemos na internet alguma coisa semelhante para tentarmos resolver>>.</p>
78'	<p>As atividades propostas são resolvidas em conjunto, a professora interage com a turma e envolve-os na resolução. Os alunos fazem os registos no cadernos e também é realizado no QI, a validação é feita no</p>	<p>A simulação é sempre interrompida antes do término para discutir e prever os resultados.</p> <p>A professora interage com a turma e envolve-os na</p>

	<p>simulador.</p> <p>A simulação é muitas vezes interrompida para prever e discutir os resultados, a professora questiona a turma muitas vezes: <<o que acontece se?>>.</p> <p>A turma está bastante motivada, os alunos pedem para ir explorar as atividades no dispositivo pedagógico, momentos de muita interação e envolvimento.</p> <p>Alguns diálogos:</p> <p>Um aluno: <<estou a perceber bem mais o conteúdo assim, ficou mais claro>>.</p> <p>Um grupo de alunos que estão sentados juntos na mesma bancada: <<temos uma dúvida professora, podemos simular outra vez? (...) ah é por isto então, para nós não mudava o tamanho do vetor>>.</p>	<p>resolução das atividades no simulador</p> <p><<o que acontece se?>> Foi muitas vezes questionado pela professora.</p> <p>A turma mostra-se motivada em trabalhar com o simulador.</p> <p>Muitos alunos vão ao QI simular os movimentos no simulador.</p> <p>Os alunos estão envolvidos e a interação é imensa.</p> <p>Um aluno: <<estou a perceber bem mais o conteúdo assim, ficou mais claro>>.</p> <p>Um grupo de alunos que estão sentados juntos na mesma bancada: <<temos uma dúvida professora, podemos simular outra vez? (...) ah é por isto então, para nós não mudava o tamanho do vetor>>.</p>
135'	<p>Término da aula.</p> <p>Após os alunos saírem da sala, a professora: <<olha digo-lhe já eu gostei imenso de trabalhar no QI, está aula foi fantástica, eles perguntaram-me quando usaremos novamente>>.</p>	<p>No término da aula, após os alunos saírem da sala, a professora: <<olha digo-lhe já eu gostei imenso de trabalhar no QI, está aula foi fantástica, eles perguntaram-me quando usaremos novamente>>.</p>

ANEXO 5

GUIÃO DE EXPLORAÇÃO DIDÁTICA



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DOUTORAMENTO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS – RAMO DE ENSINO DA
FÍSICA

DOUTORANDA: CANDIDA APARECIDA MACHADO

ORIENTADORES: PEDRO VIEIRA ALBERTO; MARIA AUGUSTA
NASCIMENTO

GUIÃO DE EXPLORAÇÃO DIDÁTICA

COIMBRA, OUTUBRO DE 2016

Índice

Tutorial do quadro interativo.....	03
Tutorial do simulador computacional.....	18
Sugestões de atividades.....	24

QUADRO INTERATIVO: PROMETHEAN ACTIVSTUDIO

PARTE 1 – O ACTIVboard

Antes de iniciar o trabalho no Quadro Interativo verifique se o quadro, ACTIVboard, necessita de ser calibrado, às vezes ao mover o projetor ou o quadro branco o ACTIVboard pode necessitar de calibrar novamente.

Com o ACTIVboard e o computador ligados, segure levemente a caneta, ACTIVpen, no ACTIVboard, sem carregar na ponta do ACTIVpen. O cursor, no ACTIVboard, deve estar alinhado com o bico do ACTIVpen, se não estiver, tem de calibrar.

Três formas para calibrar o ACTIVboard

A forma como calibrar depende do tipo de ACTIVboard que possui.

Método 1:

1. Coloque o ACTIVpen sobre a luz de Calibração no canto superior esquerdo do ACTIVboard durante alguns segundos.
2. Siga as instruções no *écran*.

Método 2:

1. Clique com o botão direito do rato no ícone ACTIVmanager  no canto inferior direito do visor.
2. Selecione Calibrar.
3. Siga as instruções no *écran*.

Verifique se o bico do ACTIVpen está alinhado com o cursor no ACTIVboard. Se não estiver, tente o Método 3.

Método 3:

No computador:

1. Clique com o botão direito do rato no ícone ACTIVmanager  no canto inferior direito do *écran*.

2. Selecione Calibrar.
3. Depois do programa de calibração começar, mova o quadro e siga as instruções no *écran*.

Depois de calibrar, verifique se o bico do ACTIVpen está alinhado com o cursor no ACTIVboard.

Se não estiver, redefina o quadro desligando-o durante trinta segundos. Em seguida, volte a ligar e tentar calibrar ou contacte o suporte técnico.

PARTE 2 – FLIPCHART DO ACTIVSTUDIO

'*Flipchart*' é o nome dado a uma apresentação do ACTIVstudio. Tal como um *flipchart* tradicional com base em papel, um *flipchart* do ACTIVstudio pode conter o número de páginas que deseja criar. No entanto, ao contrário de um *flipchart* tradicional, o *flipchart* do ACTIVstudio pode incluir muito mais do que apenas notas e imagens. Pode incorporar um número de diferentes formas de suporte nos *flipcharts* incluindo ficheiros de som, vídeos, animações, atividades interativas e ligações Web - e a biblioteca de recursos extensiva está repleta de itens para utilizar, se não tiver tempo para recolher os seus próprios.

PARTE 3 - CONHECENDO AS FERRAMENTAS DO ACTIVSTUDIO

ACTIVpen



É um dispositivo autónomo que comunica com o computador através de um ACTIVboard ou um ACTIVslate. Efetua as mesmas funções do botão esquerdo e direito do rato e permite-lhe controlar o cursor da mesma forma.

Como usar:

Mover o cursor:

Coloque a ponta do Activpen ligeiramente no quadro; não empurre a ponta da caneta. Mova o Activpen pelo ACTIVboard. O cursor irá seguir a caneta.

Clicar com o botão esquerdo do rato:

Carregue na ponta do Activpen de forma firme e rápida no Activboard.

Clicar com o botão direito do rato:

Coloque a ponta do Activpen sobre o Activboard, a menos de um centímetro do quadro. Prima o botão lateral do Activpen.

Clicar e arrastar:

Clique no objeto que pretende mover, carregue na ponta do Activpen no quadro e mova o Activpen. O objeto em que clicou, move-se com o Activpen.

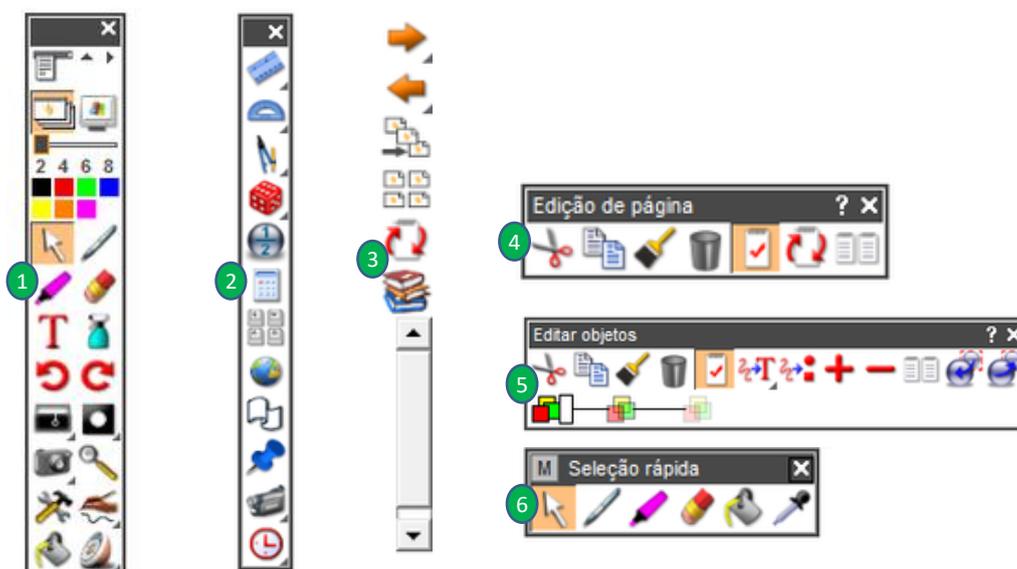
Duplo clique:

Dois toques firmes, mas rápidos com a ponta do Activpen efetuam a mesma ação do que um duplo clique com um rato.

Agora, usando o ACTIVpen, vamos conhecer e explorar as caixas de ferramentas do ACTIVstudio.

CAIXAS DE FERRAMENTAS:

Veja abaixo a variedade de caixas de ferramentas do ACTIVstudio:



1. Caixa de ferramentas principal
2. Caixa de ferramenta das ferramentas avançadas
3. Barra de ferramentas do *flipchart*
4. Caixa de ferramentas de edição de página
5. Caixa de ferramentas de edição de objetos
6. Caixa de ferramentas de edição rápida

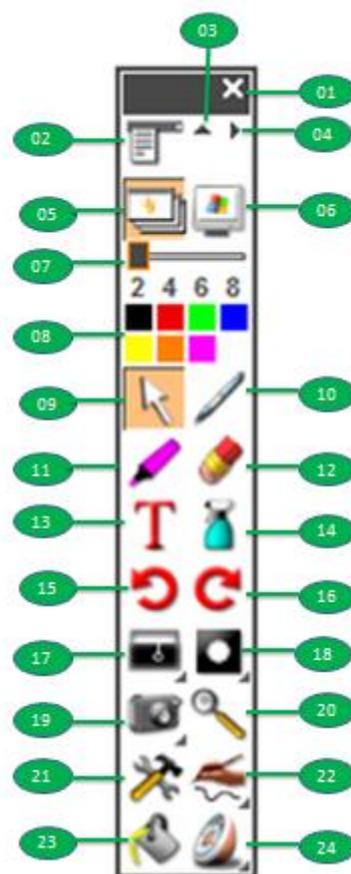
PARTE 4 – AS FUNCIONALIDADES DAS CAIXAS DE FERRAMENTAS

1. Caixa de ferramentas principal

Abrange uma grande variedade de ferramentas para criar, selecionar e manipular objetos nos *flipcharts*. Pode adicionar livremente ferramentas adicionais à caixa de ferramentas principal. Pode minimizar ou mover no *écran* a caixa de ferramentas principal.

Também flutua por cima de outras aplicações do Windows em execução permitindo utilizar as funcionalidades do ACTIVstudio em conjunto com outro *software*.

1. Barra de título: Clique e arraste para reposicionar a caixa de ferramentas das ferramentas avançadas. Feche a caixa de ferramentas clicando na cruz.
2. Botão Menu: Acesse às funções chave do ACTIVstudio - personalize a caixa de ferramentas e definições.
3. Botão Recolher: Oculte a barra de atalhos
4. Botão Expandir: Mostre a barra de atalhos
5. Botão *Flipchart*: Mostre ou oculte o *flipchart* e alterne entre o ACTICstudio e aplicações do Windows. Crie um novo *flipchart*, se ainda não existir um aberto.
6. Anotar na área de trabalho: Efetue notas ou desenhe por cima das aplicações do Windows.
7. Seletor da largura da caneta: Clique e arraste para selecionar diferentes tamanhos das ferramentas Caneta, Marcador ou Borracha.
8. Paleta de cores: Selecione cores dos *flipcharts* e os objetos incluídos.
9. Ferramenta Seletor: Clique num objeto para selecioná-lo ou clique e arraste para selecionar vários objetos; pode editar, mover e manipular objetos selecionados.
10. Ferramenta Caneta: Anote, escreva ou desenhe na página do *flipchart*.
11. Ferramenta Realçador: Realce o texto, anotações e imagens com uma caneta translúcida.
12. Ferramenta Borracha: Utilizada para ocultar objetos no *flipchart*.
13. Ferramenta Texto: Adicione títulos, rótulos e notas ao *flipchart*.
14. Ferramenta Limpar: Remova itens e determinadas propriedades do *flipchart*.

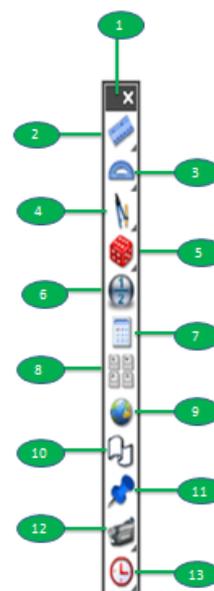


15. Desfazer: Reverta a última edição ou comando efetuado no *flipchart*.
16. Refazer: Reaplique uma ação revertida pela ferramenta Desfazer.
17. Ferramenta Revelar: Esconda o *flipchart* e, em seguida, revele a partir de uma das quatro direções - parte superior, inferior, esquerda ou direita.
18. Ferramenta Foco: Esconda tudo menos a área do foco especificada.
19. Ferramenta Câmara: Capte imagens a partir do *écran* para utilizar nos *flipcharts*.
20. Zoom de página: Amplie ou reduza a página do *flipchart*.
21. Ferramentas avançadas: Aceda a uma seleção de ferramentas especiais através da caixa de ferramentas avançadas.
22. Ferramenta Reconhecimento: Reconhece e converte as figuras desenhadas à mão-livre em figuras geométricas e escrita manual em texto editável.
23. Ferramenta Preenchimento: Preenche um objeto ou página selecionado(a) com cor.
24. Activote: Define o tipo de dispositivo a partir do qual os votos serão aceites na sessão de votação atual.

2. Caixa de ferramenta das ferramentas avançadas

Para iniciar a caixa de ferramentas das ferramentas avançadas clique no botão . Contém uma variedade de ferramentas adicionais, também pode personalizar para incluir a seleção preferida de vinte ferramentas no máximo.

1. Barra de título: Clique e arraste para reposicionar a caixa de ferramentas das ferramentas avançadas. Feche a caixa de ferramentas clicando na cruz.
2. Ferramenta Régua: Inicie uma régua graduada redimensionável no *écran*.

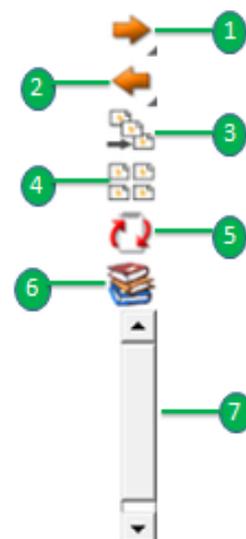


3. Ferramenta Transferidor: Inicie um transferidor graduado e redimensionável no *écran*.
4. Ferramenta Bússola: Inicie um compasso graduado e redimensionável no *écran*.
5. Ferramenta Dados: Faça gerar números aleatórios para atividades de números e jogos.
6. Caixa de ferramentas de criador de frações: Crie frações para atividades matemáticas.
7. Calculadora flutuante: Efetue cálculos matemáticos.
8. Teclado flutuante: Inicie um teclado no *écran* e escreva texto na página do *flipchart*.
9. Web Browser: Acesse à internet durante a sessão do ACTIVstudio.
10. Mensagem-rodapé: Crie uma mensagem de texto de deslocamento personalizável.
11. Ponteiros e notas: Anexe ponteiros e notas estilo *postit* ao *écran*.
12. Gravador do *flipchart*: Grave as ações efetuadas numa página do *flipchart* e reproduza-as como uma animação.
13. Relógio: Mostre um relógio ou contador no *écran*.

3. Barra de ferramentas do *flipchart*

Contém uma variedade de ferramentas especiais para ajudar na organização e navegação dos *flipcharts*.

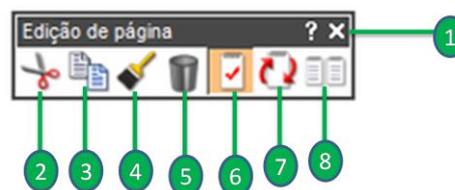
1. Página seguinte: Navegue para frente através das páginas do *flipchart*. Adicione uma nova página ao final do *flipchart*.
2. Página anterior: Navegue para trás através das páginas do *flipchart*.
3. Seletor de página: Visualize miniaturas das páginas do *flipchart* e selecione uma página para trabalhar.



4. Organizador de página: Organize as páginas do *flipchart*.
5. Reposição de página: Reverta a última versão guardada da página do *flipchart* - só funciona num *flipchart* guardado anteriormente.
6. Biblioteca de recursos: Aceda a uma grande variedade de recursos para utilizar nas apresentações.
7. Barra de deslocamento: Mova para cima e para baixo a página do *flipchart*.

4. Caixa de ferramentas de edição de página

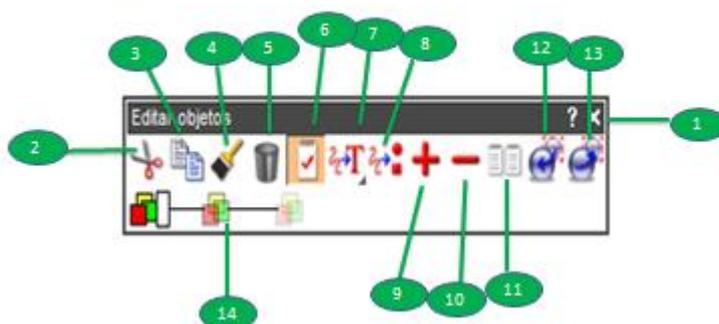
Para iniciar a caixa de ferramentas de edição de página dê duplo clique na página do *flipchart*. Utilize as ferramentas para alterar as propriedades da página do *flipchart* e editar a estrutura dos *flipcharts*.



1. Barra de título: Clique e arraste para reposicionar a caixa de ferramentas de edição de páginas. Feche a caixa de ferramentas clicando na cruz.
2. Recortar: Remova a página atual do *flipchart* e coloque-a na memória do ACTIVstudio, para que possa ser colada noutra local.
3. Copiar: Copie a página atual do *flipchart* para a memória do ACTIVstudio, para que possa ser colada noutra local.
4. Colar: Insira a última página cortada ou copiada no *flipchart*.
5. Excluir: Elimine a página atual do *flipchart*.
6. Propriedades: Edite as propriedades de identificação e aspeto da página do *flipchart*.
7. Redefinição de página: Reverta para a última versão guardada da página do *flipchart*.
8. Duplicar: Duplique a página atual do *flipchart*.

5. Editar objetos

A caixa de ferramentas de edição de objetos é iniciada ao fazer duplo clique num objeto. Aparecem automaticamente as opções relevantes do objeto selecionado. A caixa de ferramentas de edição de objetos apresentada aqui é para objetos de anotação.



1. Barra de título: Clique e arraste para reposicionar a caixa de ferramentas de edição de objetos. Feche a caixa de ferramentas clicando na cruz.
2. Recortar: Remova o objeto selecionado e coloque-o na memória do ACTIVstudio, para que possa ser colado noutra local.
3. Copiar: Copie o objeto selecionado para a memória do ACTIVstudio, para que possa ser colada noutra local.
4. Colar: Insira o último objeto cortado ou copiado no *flipchart*.
5. Excluir: Remova o objeto selecionado da página do *flipchart*.
6. Propriedades: Edite as propriedades de identificação e aspeto do objeto selecionado.
7. Reconhecimento de texto: Converta a escrita à mão em texto editável.
8. Reconhecimento de figura: Converta figuras desenhadas à mão livre em figuras geométricas.
9. Aumentar tamanho de objeto: Aumente o tamanho do objeto selecionado.
10. Reduzir tamanho de objeto: Diminua o tamanho do objeto selecionado.
11. Duplicar: Duplique o objeto selecionado.
12. Objeto para frente: Traga o objeto selecionado para frente.
13. Objeto para trás: Leve o objeto selecionado para trás.

14. Translucides: Altere a translucidez do objeto selecionado.

6. Seleção rápida

Permite aceder a uma variedade de ferramentas úteis enquanto está a apresentar o ACTIVboard. Para ver a caixa de ferramentas de seleção rápida, clique com o botão direito do rato numa página ou objeto. Pode configurar a caixa de ferramentas de seleção rápida para incluir até 12 ferramentas à escolha. Vai perceber que utiliza mais umas ferramentas do que outras enquanto estiver a apresentar o ACTIVboard; a caixa de ferramentas de seleção rápida dá-lhe acesso imediato a estas ferramentas.

1. Barra de título: Clique e arraste para reposicionar a caixa de ferramentas de seleção rápida. Feche a caixa de ferramentas clicando na cruz.



2. Ferramenta Seletor:

Clique num objeto para seleccioná-lo ou clique e arraste para seleccionar vários objetos; pode editar, mover e manipular objetos seleccionados.

3. Ferramenta Caneta: Anote, escreva ou desenhe na página do *flipchart*.

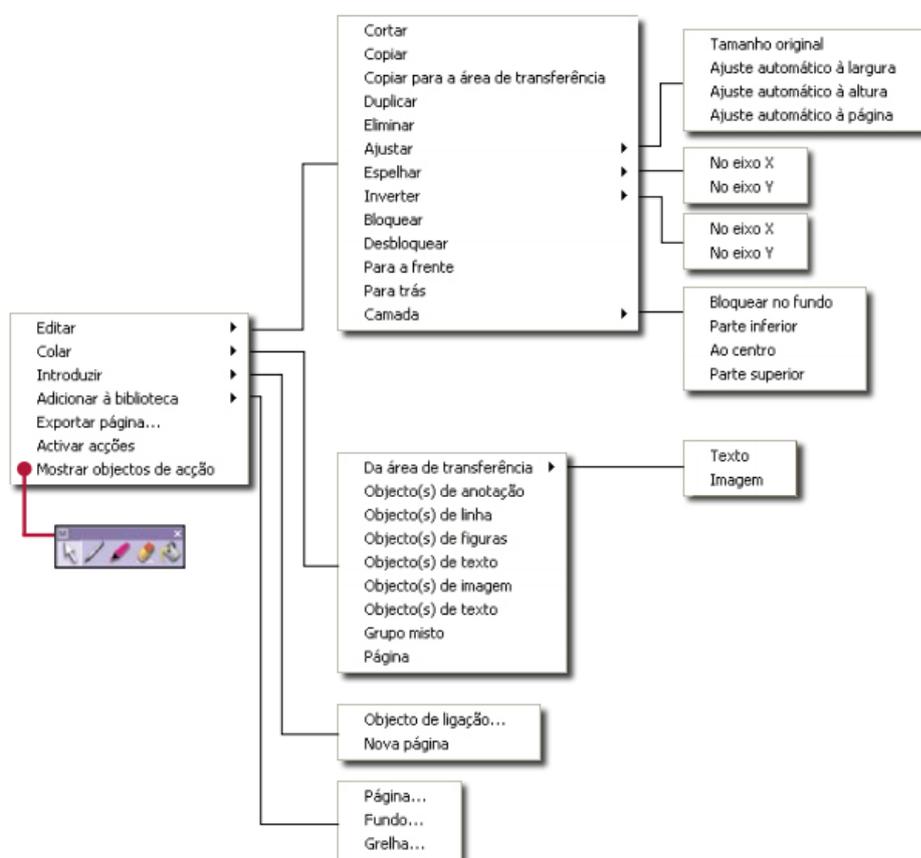
4. Ferramenta Marcador: Realce o texto, anotações e imagens com uma caneta translúcida.

5. Ferramenta Borracha: Remova todo ou parte do objeto de anotação.

6. Ferramenta Preenchimento: Altere a cor dos *flipcharts* e dos objetos incluídos.

7. Seleccionador de cores: Selecione a cor desejada

8. Botão *Menu*: Permite ter acesso instantâneo a uma variedade de opções através dos *menus*.



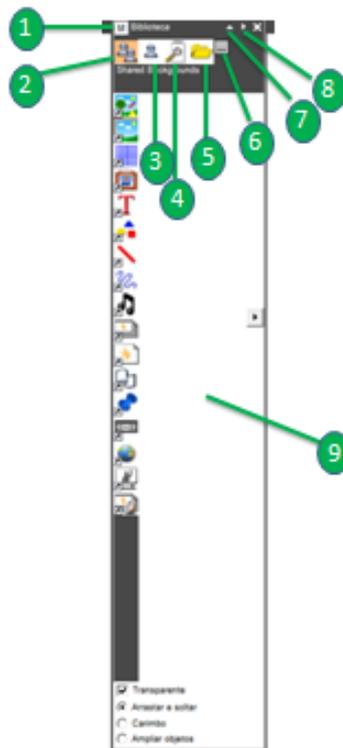
Acerca da biblioteca de recursos

A biblioteca de recursos inclui ativos úteis que pode utilizar nos *flipcharts*. Desde imagens e sons até atividades completas e *flipcharts* específicos de *curriculum*, possui milhares de recursos prontos para uma iniciação.

Para abrir a biblioteca de recursos, clique no botão Biblioteca de recursos  na barra de ferramentas do *flipchart*.

1. Botão *Menu*: Aceda aos ficheiros de ajuda da biblioteca de recursos e revele as opções para alterar a forma como a biblioteca de recursos é apresentada.

2. Biblioteca de recursos partilhada: Os recursos adicionados a esta pasta podem ser partilhados com outros utilizadores. A pasta também contém os recursos fornecidos com o software.
3. A minha biblioteca de recursos: Aceda a pastas em que pode guardar recursos para utilização pessoal.
4. Procurar recursos: Procure recursos específicos por tipo ou palavra-chave. Os recursos fornecidos com o ACTIVstudio já foram categorizados, assim basta introduzir o critério de procura e clicar no botão Procura rápida.
5. Outra pasta de recursos: Mostra o conteúdo da pasta selecionada com o botão Procurar outra pasta. Permite alternar entre as pastas Recursos partilhados, Os meus recursos e o conteúdo da pasta selecionada.
6. Procurar outra pasta: Procura os recursos no computador. Clique neste botão para navegar pelas pastas.
7. Botão Recolher/Expandir: Oculte a biblioteca de recursos para ter mais espaço no *écran*.
8. Mostrar/ocultar a árvore de recursos: Mostre e oculte a janela Árvore de recursos.
9. Painel de miniaturas: Pré-visualize uma pequena imagem de cada recurso antes de adicioná-la ao *flipchart*.



Recursos partilhados/Os meus recursos

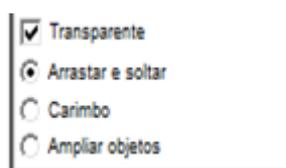
Quando visualiza a biblioteca de recursos partilhada ou a minha biblioteca de recursos, os botões apresentados à direita ficam disponíveis para seleção. Se clicar num botão pode visualizar todos os recursos de um tipo específico na biblioteca escolhida. Para visualizar recursos de texto, clique no

botão O meu texto/Texto partilhado. Para visualizar recursos de grelha, clique no botão As minhas grelhas/Grelhas partilhadas. Para visualizar recursos com uma combinação de tipos de recursos, clique no botão As minhas coleções/Coleções partilhadas.

1. As minhas coleções/Coleções partilhadas.
2. Os meus fundos/Fundos partilhados.
3. As minhas grelhas/Grelhas partilhadas.
4. As minhas imagens/Imagens partilhadas.
5. O meu texto/Texto partilhado.
6. As minhas figuras/Figuras partilhadas.
7. As minhas linhas/Linhas partilhados.
8. As minhas anotações/Anotações partilhadas.
9. Os meus sons/Sons partilhados.
10. Os meus *flipcharts*/Flipcharts partilhados.
11. As minhas páginas do *flipchart*/Páginas do *flipchart* partilhado.
12. As minhas mensagens-rodapé/Mensagens-rodapé partilhadas.
13. As minhas notas e ponteiros/Notas e ponteiros partilhados.
14. Os meus vídeos/Vídeos partilhados.
15. As minhas ligações web/Ligações web partilhadas.
16. As minhas atividades/Atividades partilhadas.
17. As minhas avaliações/Avaliações partilhadas.



Ao seleccionar as opções abaixo, pode alterar a forma como as anotações são adicionadas e apresentadas na página do *flipchart*.



Transparente: Faça com que o fundo da imagem escolhida seja transparente quando arrastada para a página do *flipchart*.

Arrastar e soltar: Selecione uma miniatura e arraste-a para a página do *flipchart*.

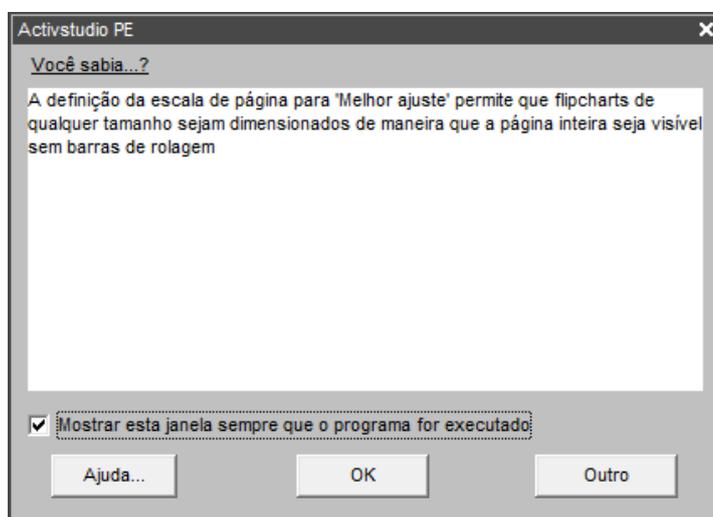
Carimbo: Selecione uma miniatura e arraste-a para a página do *flipchart* para posicionar a imagem. Clique novamente na página do *flipchart* para colocar cópias adicionais do objeto na posição do cursor.

Ampliar objetos: Selecione uma miniatura, clique na página do *flipchart* e arraste-a na diagonal para dimensionar o objeto.

PARTE 5 - INICIAR O ACTIVSTUDIO PELA PRIMEIRA VEZ

Para iniciar o ACTIVstudio, faça duplo clique no ícone  no ambiente de trabalho ou localize o ACTIVstudio através do menu Iniciar.

Após isto, deverá aparecer a caixa de sugestões 'Você sabia...?'. Fornece sugestões úteis sempre que iniciar o programa, apesar de também poder desativar o aparecimento da caixa, clique em OK para continuar.



A caixa de ferramentas principal aparece no *écran*, que indica que o ACTIVstudio está a ser executado. A barra de atalhos e uma terceira coluna de ícones podem

abrir-se ao longo da caixa de ferramentas principal. Pode abrir ou fechar a barra de atalhos clicando no botão Mostrar/ocultar a árvore de recursos ⁴ .

Para criar um novo *flipchart* - Modo de *flipchart*/Modo de ambiente de trabalho

Na caixa de ferramentas principal, clique no botão *Flipchart*  para criar um novo *flipchart* em *écran* total. É possível ocultar o *flipchart* em qualquer momento clicando novamente no mesmo botão; referimos isto como modo de ambiente de trabalho porque pode aceder ao ambiente de trabalho do computador e aplicações mesmo se o ACTIVstudio estiver a ser executado.

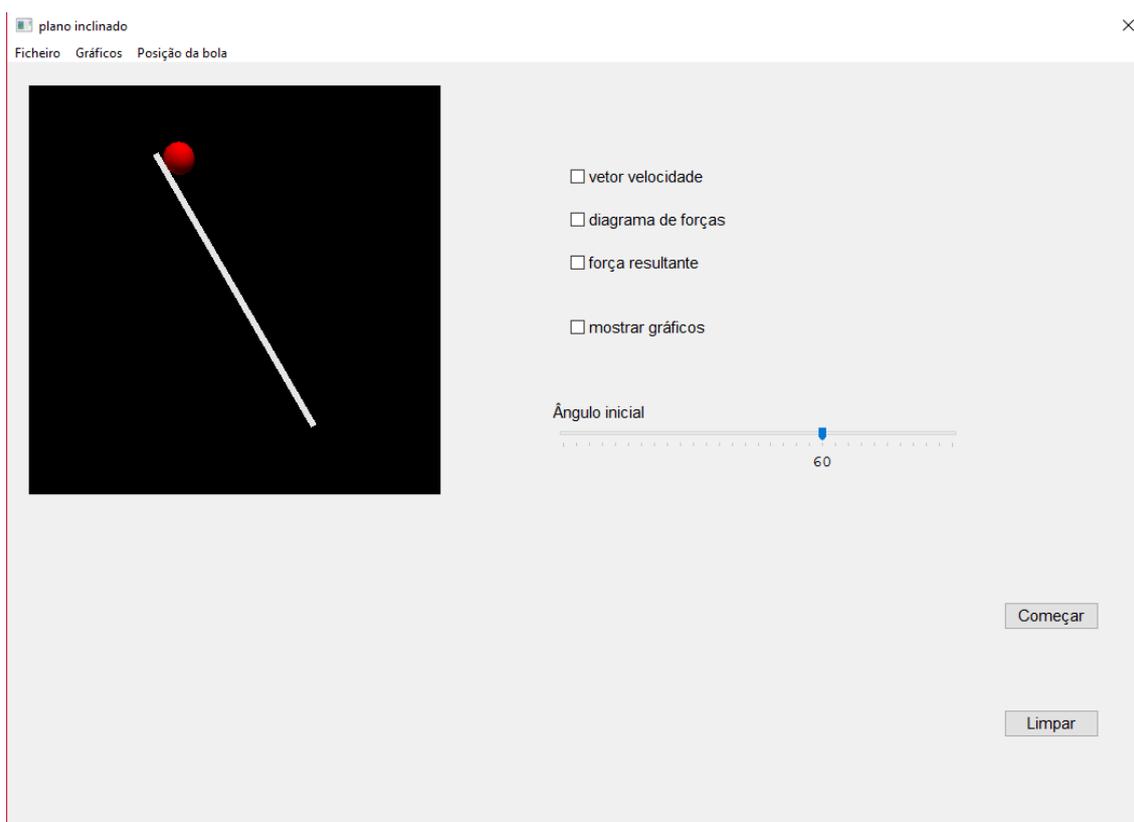


Também pode aceder ao ambiente de trabalho durante a sessão do ACTIVstudio clicando no botão Minimizar no canto superior direito da interface do ACTIVstudio; oculta o *flipchart*.

SIMULADOR COMPUTACIONAL: VPYTHON

O simulador construído utilizou a linguagem de programação *VPython*, é simples e está em língua portuguesa.

Abaixo apresentamos a janela principal do simulador:

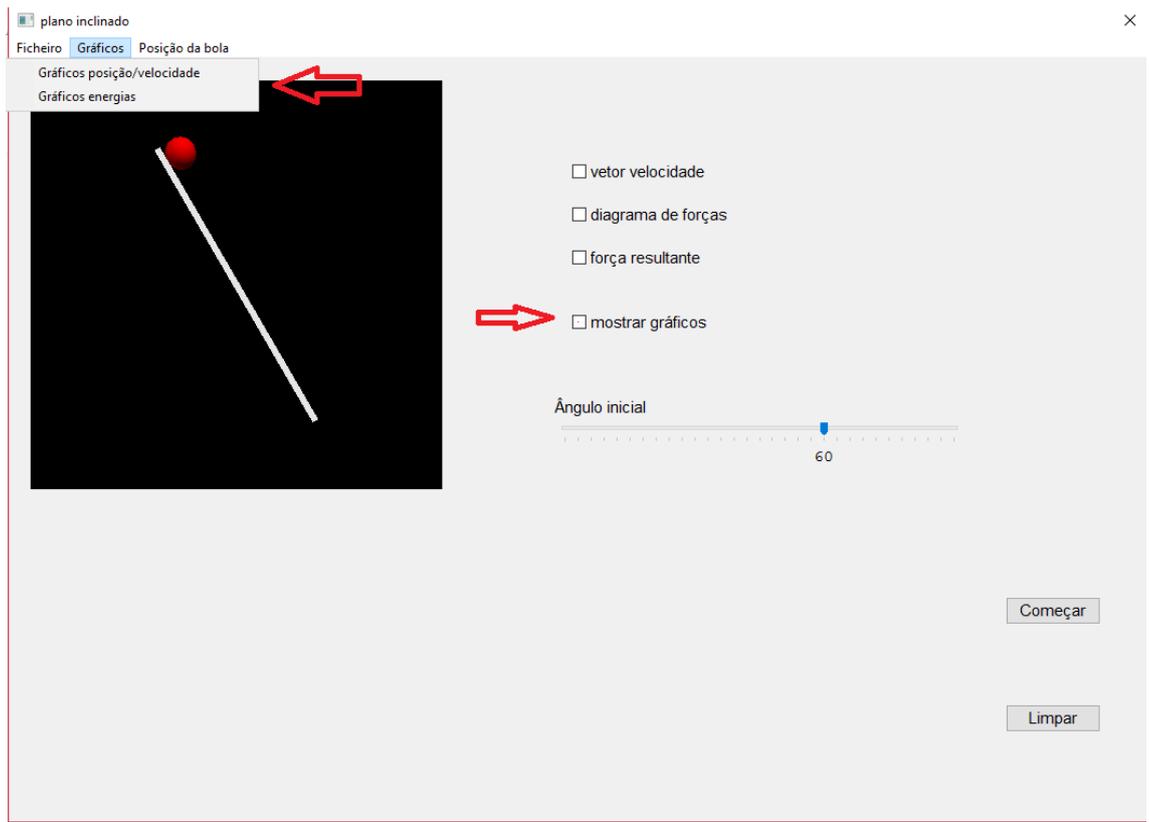


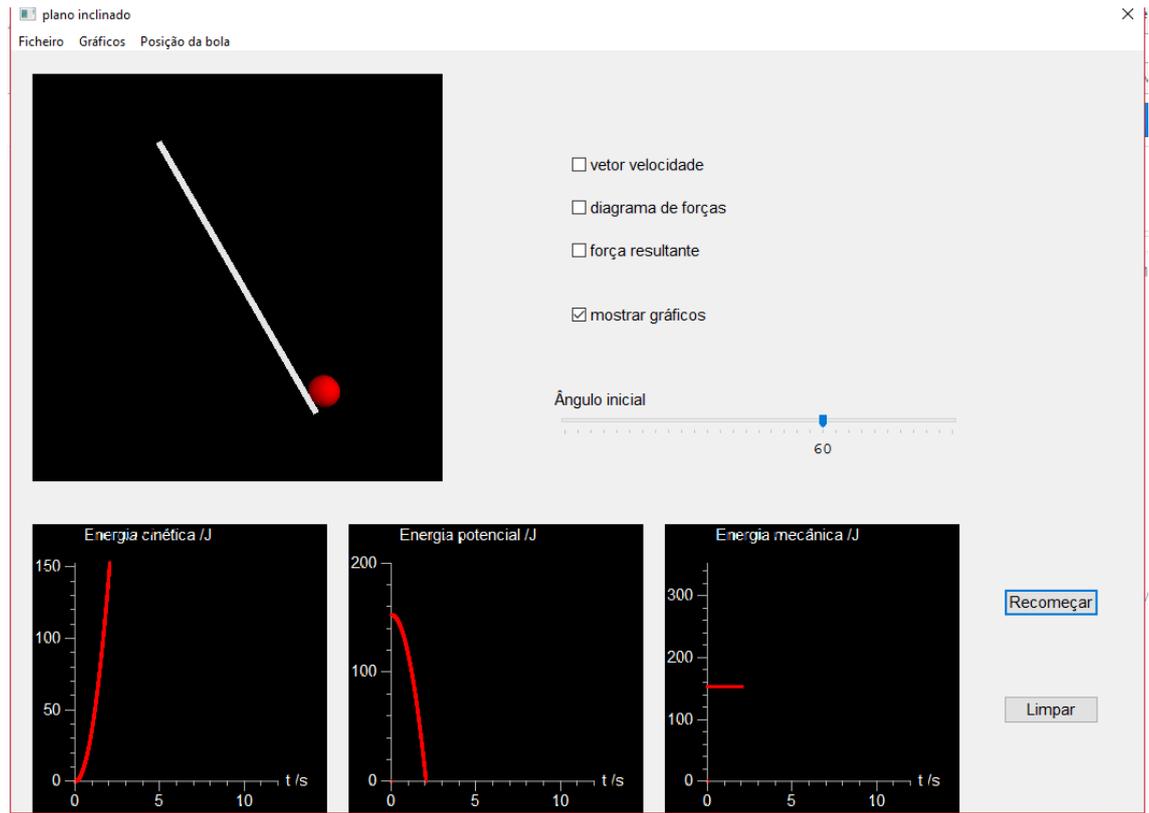
- Para iniciar uma simulação obedeça às seguintes etapas:
 - 1º. Selecione a posição da bola;
 - 2º. Selecione o tipo de gráfico;
 - 3º. Escolha a inclinação do plano;
 - 4º. Clique em “Começar” para iniciar a simulação.
- Os botões “mostrar gráficos”, “vetor velocidade”, “diagrama de forças” e “força resultante”, podem ser selecionados antes ou após a simulação.

Abaixo apresentamos como funciona o simulador:

Gráficos:

- Para aparecer a janela dos gráficos clicar em “Gráficos” e escolher o desejado;
- Se desejar que apareçam as representações gráficas deverá clicar na caixa “mostrar gráficos”.

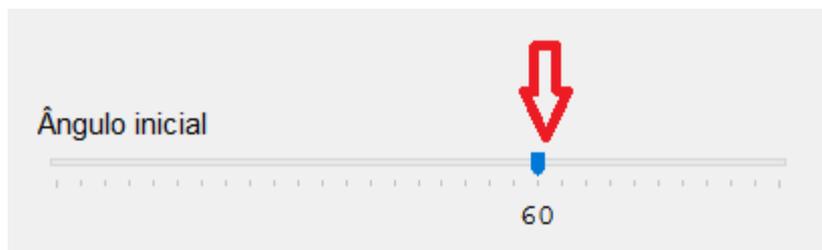




- Tem a opção de cinco representações gráficas de cores diferentes, após as cores repetem-se respetivamente.
- Também se tem a opção de limpar os gráficos, clicando no botão “Limpar”.

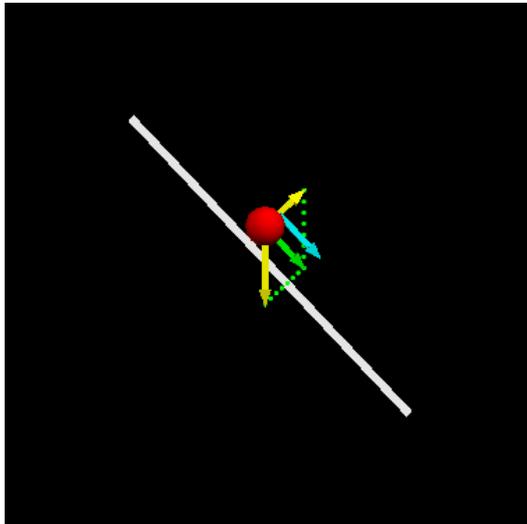
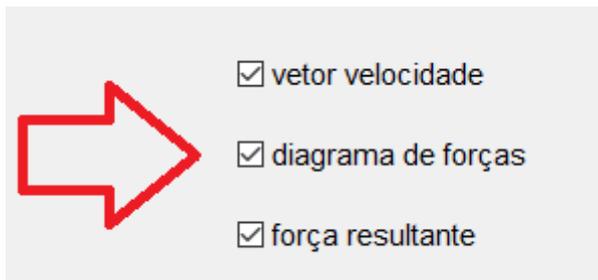
Inclinação do plano:

- Para mudar a inclinação do plano, deve mover-se o cursor do ângulo inicial na régua “Ângulo inicial”.



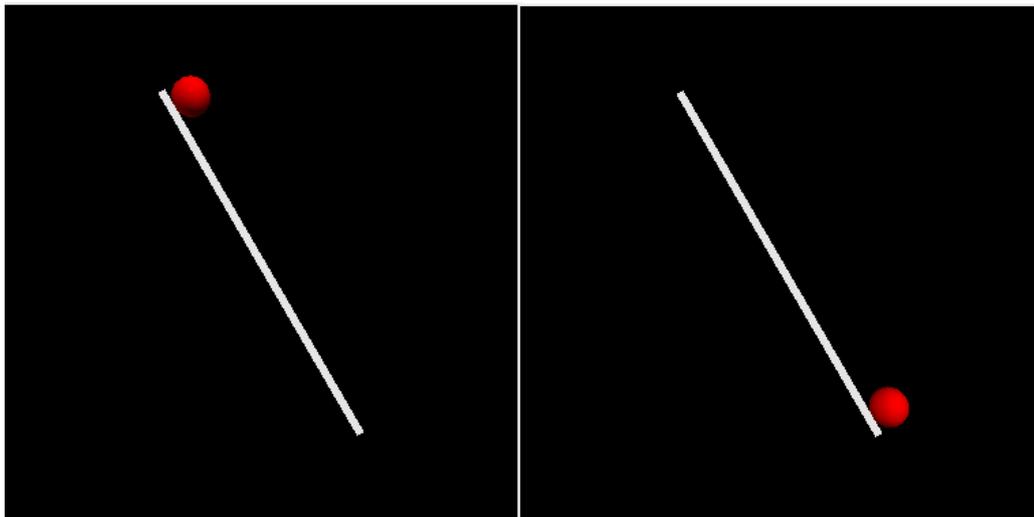
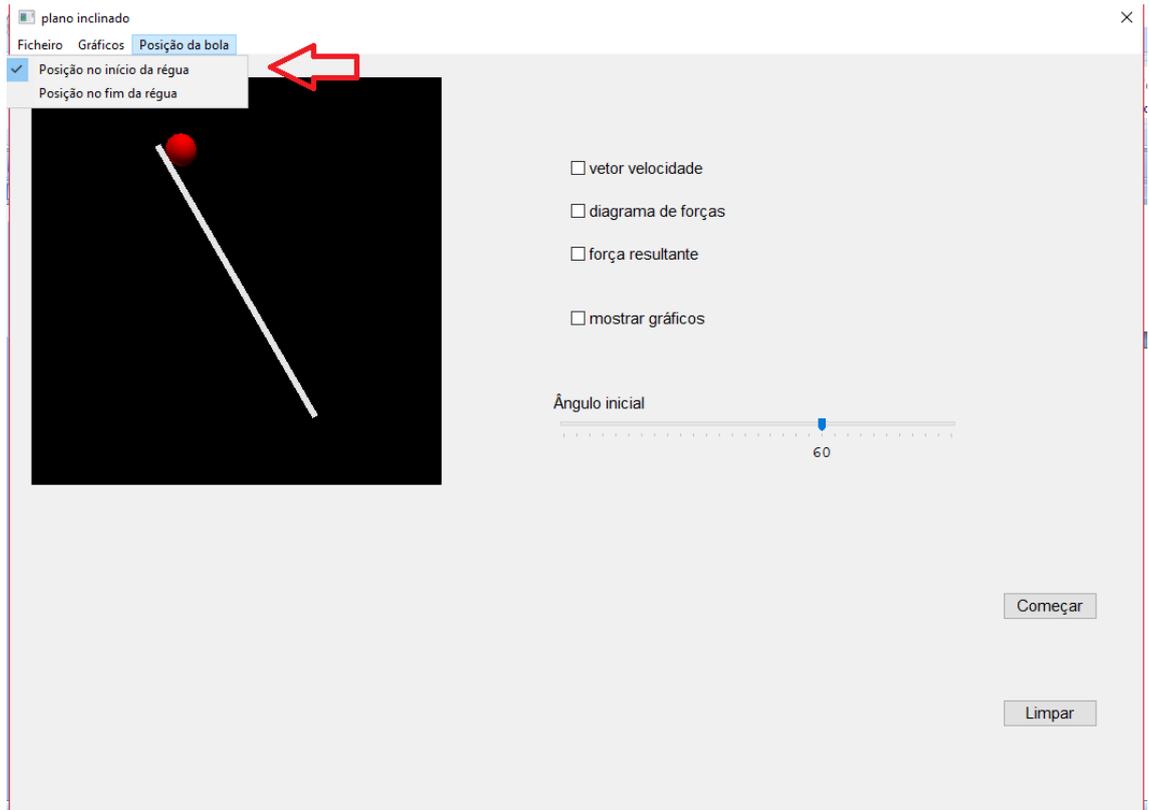
Representação vetorial:

- Se desejar que apareçam os vetores velocidade, diagrama de forças e força resultante deverá marcar as suas respectivas caixas.



Posição da bola:

- Pode escolher a posição inicial da bola, clicando na caixa “Posição da bola”.



Botões começar, parar, recomeçar:

- Para iniciar a simulação clique no botão “Começar”.
- Se desejar parar a simulação a qualquer momento clicar no botão “Parar”, para voltar à simulação clique em “Começar”.

- Quando terminou a simulação aparece o botão “Recomeçar” então, clique-o e altere a inclinação da rampa, por exemplo, e após poderá clicar novamente em “Começar” para uma nova simulação.

OBS:

- Para alterar o tipo do gráfico, posição/velocidade ou energias, deverá fechar o simulador e abrir novamente escolhendo a opção desejada; em alternativa, ter duas janelas abertas ao mesmo tempo.

SUGESTÕES DE ATIVIDADES

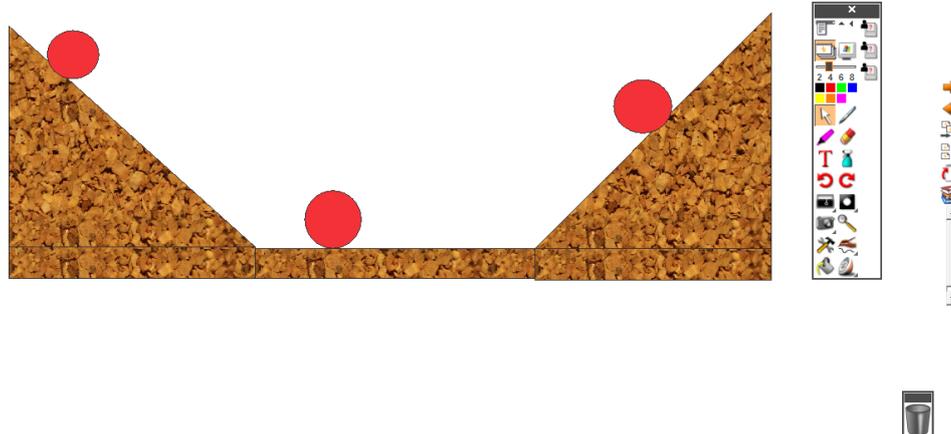
Atividade 1

Atividade introdutória

- Abra um novo *flipchart*;
- Utilizando a Ferramenta Texto vamos escrever no ACTIVboard uma atividade introdutória para a aula.
- Abra a caixa Edição de página e cole a figura desejada;

Promethean Activstudio Flipchart 1, Página 1 / 1

Descreva a imagem abaixo:



- Use a Ferramenta Foco para mostrar a imagem por partes;
- Use a Ferramenta Revelar para mostrar apenas o lado esquerdo da imagem;
- Escreva com a ACTIVpen no ACTIVboard a descrição feita pelos alunos, usando a Ferramenta Caneta (poderá chamar um aluno para auxiliar na atividade);
- Após esta descrição, com o auxílio da Ferramenta Realçador, destaque o que de mais importante foi descrito, circulando;
- Sublinhe as pré-concepções;

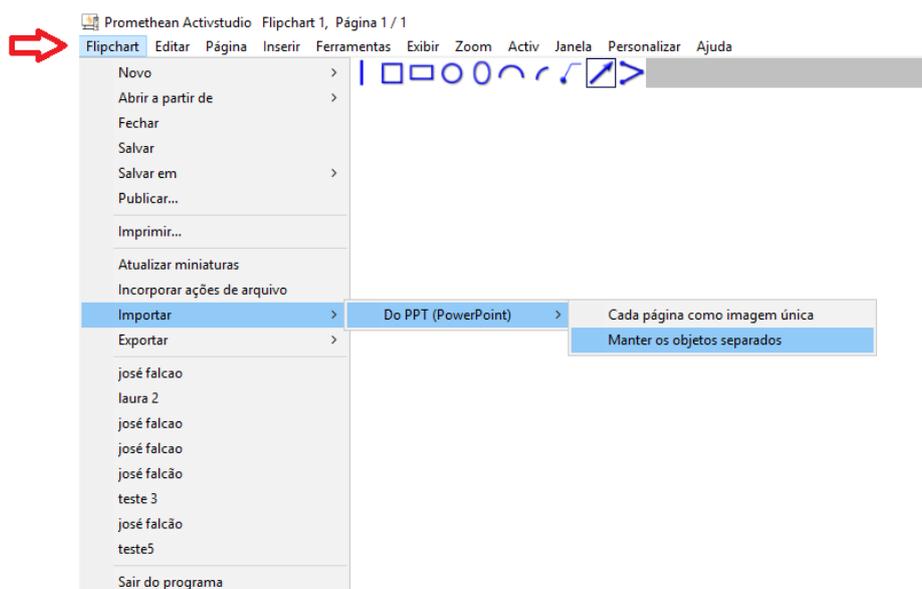
- Peça aos alunos para fazer o esboço de como seriam os gráficos das energias-tempo e/ou movimentos (posição-tempo e velocidade-tempo) em seus cadernos, pode solicitar que façam no ACTIVboard também.

Após esta primeira etapa vamos simular o movimento descrito pela imagem no simulador:

- Minimize o *flipchart* e abra o simulador;
- Simule o primeiro movimento;
- Volte ao *flipchart*, sem fechar o simulador;
- Discuta com a turma os resultados obtidos e os apontamentos realizados por eles.
- Faça anotações, use as ferramentas foco, revelar, marcador...
- No final desta atividade clique em guardar.

Nas atividades seguintes, as atividades serão importadas para o *Flipchart* da seguinte maneira:

Arquivo/*Flipchart* – Importar – Do PPT – Manter os objetos separados



Para avançar os slides vá à caixa de ferramentas do *flipchart* e clique em “Próxima página”.



Atividade 2

Uma esfera encontra-se parada no cimo de uma rampa. Acidentalmente, é destravada e começa a descer a rampa... Observe e responda:

- Que tipo de movimento é que o carrinho vai adquirir?
- Qual o significado de velocidade instantânea? Justifica.
- Quais as grandezas que determinam a inclinação de uma rampa?
- A maior ou a menor inclinação de uma rampa, terá influência na velocidade com que o carrinho chega ao fim da rampa?
- De que grandezas depende a energia cinética?
- Identifica a força responsável pelo movimento do carrinho. Justifica.

Nesta atividade, deixar visível apenas a janela da simulação do movimento. Antes de iniciar a simulação solicitar aos alunos que escrevam as suas hipóteses para esta questão, só após realizar-se-á a simulação. Pode simular mais que uma vez para que os alunos possam melhor observar o movimento. Use as ferramentas “caneta” e “holofote” do QI.

Atividade 3

Uma esfera é largada do cimo de uma rampa.

- Como varia a sua velocidade durante a descida? E a energia cinética?

No flipchart pedir para um alunos vir até a frente fazer anotações das ideias da turma sobre esta atividade. De seguida, mostre apenas a janela da simulação do movimento, após uma breve discussão mostre a janela das representações gráficas. Simular-se-á quantas vezes for preciso utilizando sempre o ActivPen.

b) Onde é que a esfera atingirá maior velocidade: quando vai ao meio da rampa ou na sua base? E onde terá maior energia cinética?

Atividade 4

O Pedro está a empurrar uma pedra do alto de um rochedo situado a 10 m do solo. Enquanto a pedra cai, esta adquire energia cinética, mas quando a pedra atinge o solo a sua energia cinética é nula, porque a pedra fica parada.

O que acontece à energia cinética da pedra quando esta bate no solo?

- A. Transforma-se em energia potencial.
- B. Desaparece totalmente para o Universo.
- C. Transforma-se em energia interna da pedra e da Terra.
- D. Parte da energia transforma-se em energia interna e parte perde-se.
- E. Transformou-se em energia cinética da Terra como um todo.

Atividade 5

Uma criança desliza numa rampa aquática sobre uma piscina, acabando por cair nela: enquanto desce a rampa, e depois, quando cai no ar, ou uma esfera que desce um plano inclinado, o que acontece com a altura e com a velocidade? O que podemos concluir sobre a energia

Para resolução das questões 5 e 6, pedir que algum aluno venha a frente do grande grupo para simular o movimento usando o simulador e o QI. Os resultados devem ser discutidos pela turma a fim de se chegar a uma conclusão final, a professora será a mediadora desta etapa.

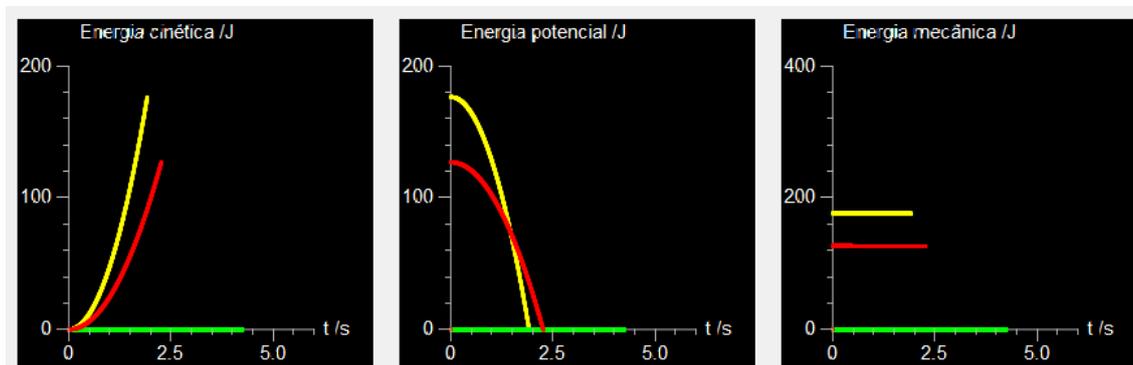
potencial gravítica? E sobre a energia cinética? Podemos afirmar que há transformação de energia? Justifique a sua resposta.

Atividade 6

E se a situação anterior fosse ao contrário, por exemplo, uma bola atirada para cima, ou um praticante de skate que sobe uma rampa que passa de uma posição mais baixa para outra mais alta. Nestes casos o que podemos concluir sobre a energia potencial gravítica? E sobre a energia cinética? Há transformação de energia? Justifique novamente a sua resposta.

Atividade 7

Observa os gráficos abaixo:

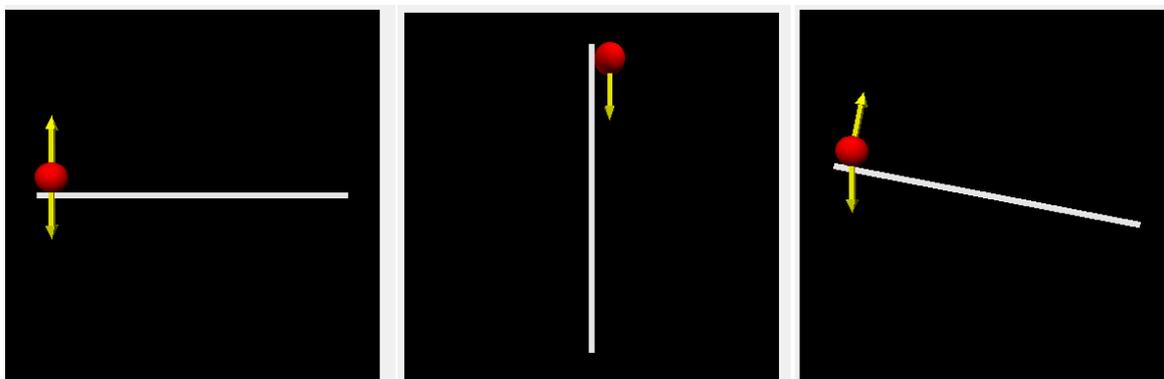


O que podemos concluir sobre as variações das energias em função do tempo?

Numa página do Flipchart o professor, ou um aluno, anota as observações feitas pela turma. Após, usando a ferramenta "cortina" do QI, ou desmarcando a opção "mostrar gráficos" do simulador, e marcando "diagrama de forças" represente vários movimentos com diferentes inclinações do plano. Usando a ferramenta "caneta" explore a simulação. Depois, poderá marcar no simulador as opções "força resultante" e "vetor velocidade".

Atividade 8

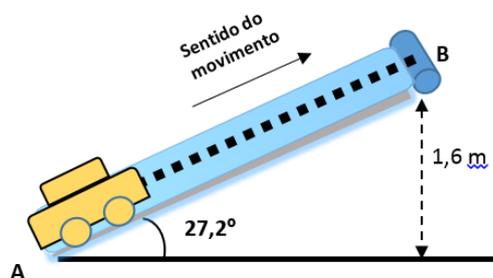
Vamos analisar estas três imagens, que nos mostram três diferentes movimentos. O que podemos observar?



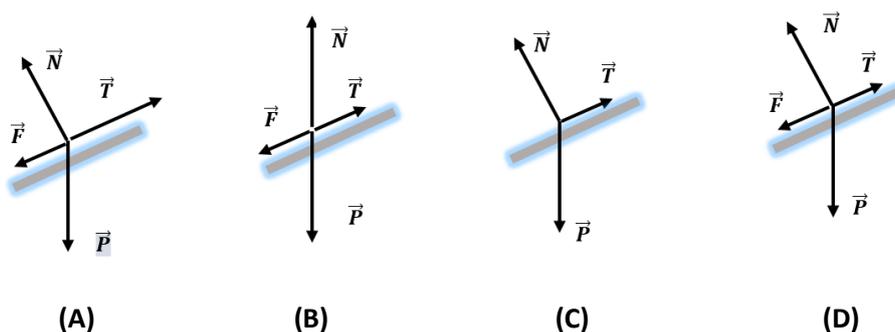
As considerações serão anotadas pela professora no QI, no Flipchart. Para validar os comentários feitos pelos alunos realize a simulação com as três inclinações do plano, 0° , 45° e 90° , depois volte às anotações e discuta os resultados.

Atividade 9

Um veículo avariado está a ser puxado por um guincho ao longo de uma rampa de um reboque, como mostra a figura 5. O veículo avariado é puxado de A para B, com velocidade constante, sendo o módulo do trabalho realizado pelo seu peso igual a 18,4 kJ. Despreze todos os efeitos dissipativos e considere que o veículo pode ser representado pelo seu centro de massa.



O diagrama que melhor representa as forças aplicadas no veículo no seu movimento ao longo da rampa de A para B é:



Conclua, justificando, se a energia mecânica, E_m , do sistema *veículo+Terra* aumenta, diminui ou se mantém constante, quando o veículo se desloca de A para B.

Na atividade 9, explore a atividade no flipchart, convide um ou mais aluno(s) para resolver no QI com ajuda da turma, depois realize a simulação e após discuta os resultados comparando com as respostas dadas pelos alunos.

Atividade 10

Esboce um plano inclinado a 45° , a rampa, e represente o diagrama das forças que atuam numa bola durante o movimento de descida e subida.

Desconsidere o atrito.

Nas atividades 10 e 11, convide um ou mais aluno(s) para resolver no QI com ajuda da turma. Peça que primeiramente utilizem o flipchart para fazer a resolução e após resolvam no simulador.

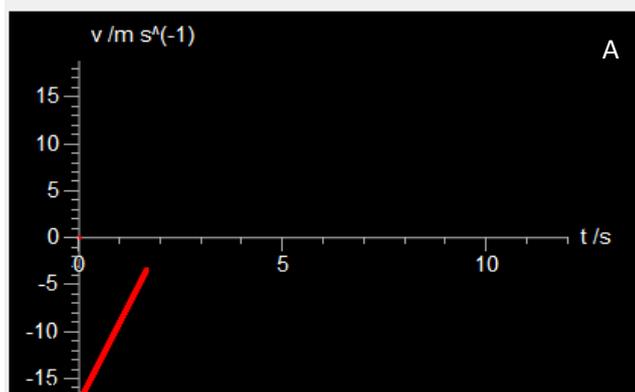
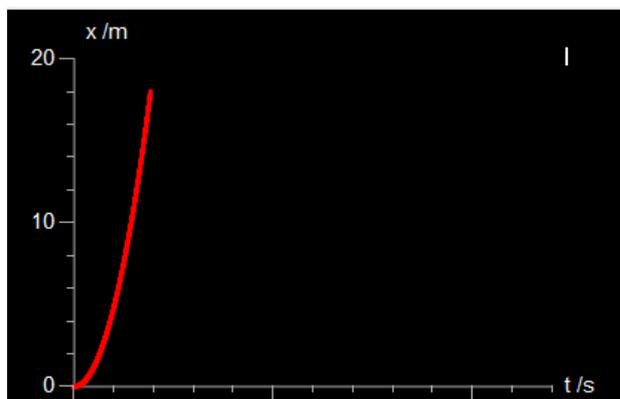
Atividade 11

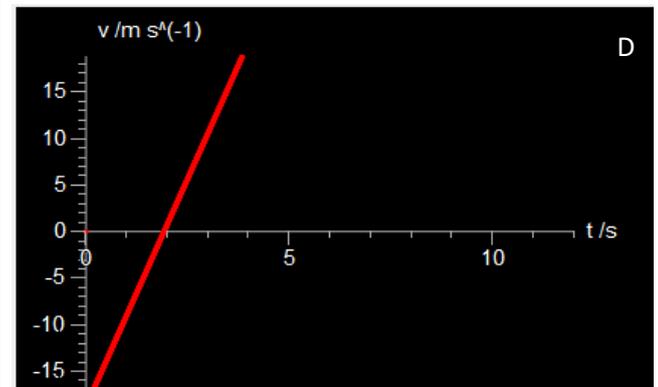
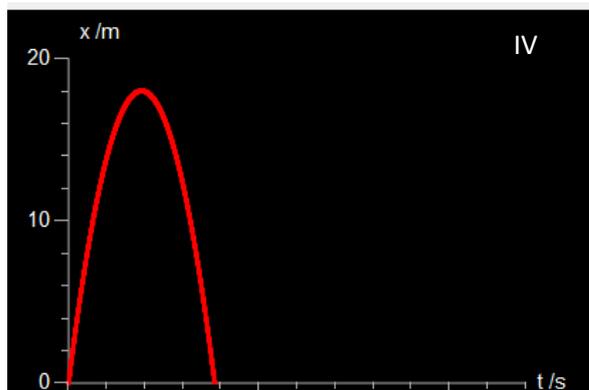
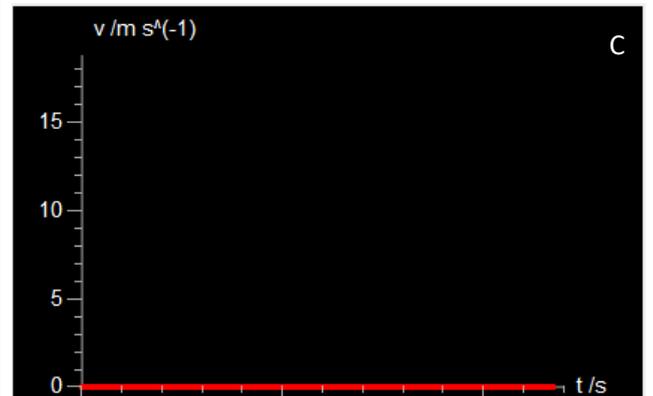
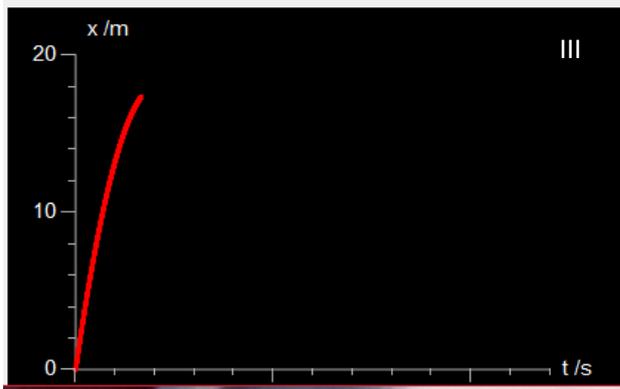
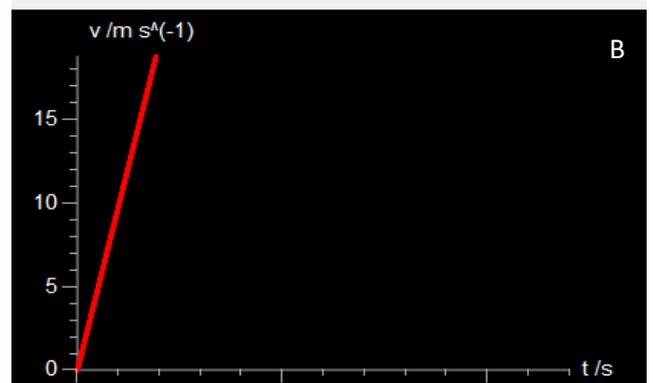
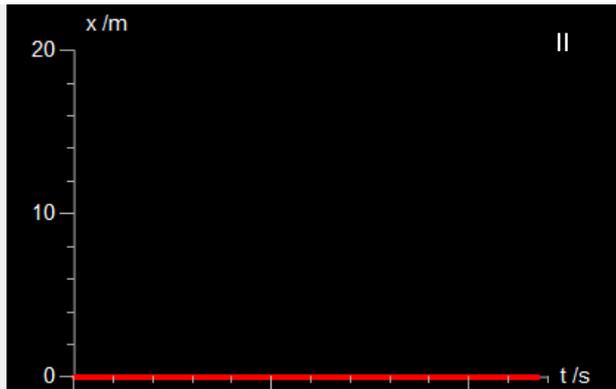
Agora esboce os gráficos: posição-tempo e velocidade-tempo da atividade anterior.

Atividade 12

Considerando movimentos retilíneos, associe a cada gráfico posição-tempo o respectivo gráfico velocidade-tempo (I-IV; A-D).

Nas atividades 12, 13, 14 e 15, primeiramente resolva as questões com a turma, utilizando o flipchart e as ferramentas "Caneta", "holofote" e "marcador". Após a conclusão dos resultados valide-os utilizando o simulador. Retira as conclusões.





Atividade 13

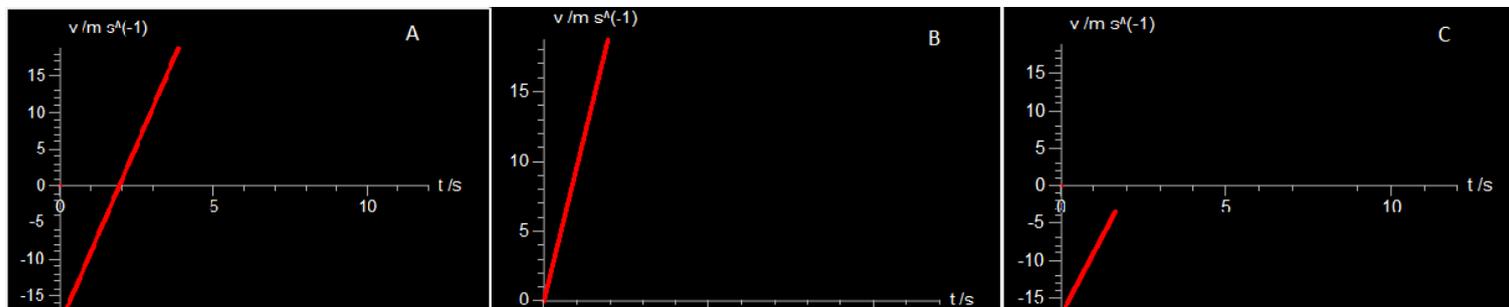
Como se obtém a aceleração de um grave ao descer o plano inclinado? Há alguma diferença da aceleração no plano inclinado e na queda livre? Justifique.

Atividade 14

Caracterize justificando o movimento descrito por um corpo ao descer e ao subir um plano inclinado.

Atividade 15

Observe as representações gráficas abaixo, em A, B e C, de uma bola no plano inclinado:



O que pode-se concluir a respeito da posição da bola em relação ao plano?

Atividade 16

Desprezando o efeito da força de atrito durante o movimento de descida de um bloco numa rampa inclinada, a energia mecânica conserva-se porque:

- (A) O trabalho realizado pelo peso é igual à variação da energia potencial gravítica.
- (B) A força gravítica é uma força conservativa.
- (C) O trabalho realizado pelo peso é simétrico da variação da energia potencial gravítica.
- (D) A força gravítica é a única força que realiza trabalho.

ANEXO 6

DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Preparação da intervenção

O processo de preparação da intervenção iniciou-se desde muito cedo, durante mesmo a preparação do projeto de tese, na qual decidimos quem seria o público alvo e o contexto da investigação.

A preparação da intervenção foi realizada durante as diversas sessões de trabalho que tivemos com as professoras das duas escolas, onde separamos por fases, nomeadamente:

- *Primeira fase*: planeamento. Após o aceite das professoras escolhidas para participarem deste estudo, iniciámos o processo de recolha de informações acerca do nosso objeto de estudo. Durante as primeiras sessões de trabalho com as professoras buscámos saber as principais pré-concepções dos alunos sobre os temas da Mecânica e quais as principais dificuldades que apresentam. Após optarmos, em conjunto, por trabalharmos com o plano inclinado no simulador, procurámos saber o modelo de simulador computacional que as professoras consideravam ser “ideal” e satisfatório para trabalhar com os alunos os conceitos da Física. A opção foi, então, ter um simulador de fácil manuseio quer pelas professoras quer pelos alunos, em língua portuguesa e que incidisse principalmente nas dificuldades que mais eles apresentam, ou seja, relacionar o movimento com sua respetiva representação gráfica, que explorasse a Física concetual.
- *Segunda fase*: construção do simulador. Fase de muitas idas e voltas, na qual os investigadores ficaram com o ofício de programar o simulador e as professoras de fazer a avaliação em termos pedagógicos. Nas sessões de trabalho, apresentávamos as professoras o simulador e elas davam seus pontos de vista, apontando melhorias a fazer.
- *Terceira fase*: Elaboração do guião de atividades. Após a construção do simulador e o seu teste no QI, iniciámos a elaboração do guião de atividades. Durante as sessões de trabalho com as professoras procuramos decidir o tipo de atividade que o guião abordaria, assim começamos por elaborar as atividades tendo em vista o contexto de aprendizagem que teríamos. Foi elaborado juntamente com as professoras e no término realizou-se uma reflexão final, onde

cada professora fez a leitura e revisão geral do guião, apontando as melhorias a fazer antes da intervenção.

- *Quarta fase:* formação das professoras. Após a elaboração do simulador e do guião iniciamos a formação das professoras, que ocorreu em períodos diferentes, por serem de escolas e níveis de ensino diferentes. Nesta formação, que deu-se em três sessões de duas horas cada, trabalhamos primeiramente, em separado, o simulador e o QI, após adquirirem competências sobre esses recursos, trabalhamos com a combinação deles juntamente com o guião elaborado.
- *Quinta fase:* a intervenção pedagógica. Só após as quatro fases concluídas e, as professoras estarem à vontade com o dispositivo pedagógico que a intervenção iniciou-se.

Elaboração do simulador

Face aos dados obtidos nas entrevistas das professoras antes da intervenção pedagógica que permitiram a identificação das principais pré-concepções relacionadas aos temas da Mecânica, baseando-se nessas informações iniciámos o planeamento e programação do simulador computacional.

Conforme já mencionado na introdução desta tese, a elaboração do simulador contou com total apoio das professoras envolvidas nesta investigação que, através de suas experiências pedagógicas apontaram um modelo “ideal” de simulador computacional para trabalhar com seus alunos. Ou seja, a nossa intenção era de envolver as professoras em todas as etapas deste processo, desde a elaboração do simulador até a sua aplicação. As suas contribuições foram de suma importância para que chegássemos a um resultado final eficaz. A nossa ideia, bem como das professoras, era de ter um simulador simples em língua portuguesa, em que pudessem explorar os fenómenos e por consequência os conceitos relacionados, que explorasse principalmente o movimento de uma bola com a sua respetiva representação gráfica.

Elaboração do guião

A elaboração do guião, nossa terceira fase da elaboração da intervenção, teve a colaboração das professoras participantes deste estudo, como já referimos

anteriormente. O guião é constituído por duas partes, na primeira encontram-se os tutoriais do QI e do simulador computacional, na segunda parte encontram-se as sugestões de atividades para trabalhar com a combinação dos dois recursos tecnológicos.

Todas as atividades contidas no guião foram elaboradas pelas professoras, algumas destas retiradas do manual que as turmas utilizam.

Formação das professoras

Na quarta fase da conceção da intervenção, realizou-se a formação das professoras, cada uma dentro do seu contexto de trabalho. Nestas sessões de formação trabalhamos o dispositivo pedagógico construído, como já mencionamos, primeiramente trabalhou-se cada recurso tecnológico em separado, para depois de as professoras adquirirem as competências necessárias de suas utilizações combinarmos o simulador e o QI para assim resolver as atividades propostas no guião.

No total foram 6 horas de formação para cada professora. Nas sessões buscámos ensinar a parte técnica de cada recurso e após a parte pedagógica, as professoras puderam testar muitas vezes cada recurso, expressar suas dúvidas, limitações e angústias. Visto que participaram de todo o processo da conceção da intervenção, o total de formação foi suficiente para as professoras fazerem uso em sala de aula de forma eficaz.

A prática

A última fase refere-se à intervenção pedagógica, o momento em que as professoras vão para sala de aula aplicar o dispositivo pedagógico aos seus alunos. Tudo foi anteriormente planeado, desde o simulador até as atividades a desenvolver na aula, mas a maneira como cada professora iria inserir este dispositivo no seu planeamento diário de aula ficou a cargo de cada uma escolher como achasse mais conveniente.

A *Professora A* iniciou a aula fazendo uma revisão inicial do conteúdo, no quadro de giz e, após alguns minutos adicionou o dispositivo pedagógico em sua aula, começando por uma atividade introdutória, presente no guião, e após realizou a simulação, combinando o QI.

A *Professora B* fez uso do QI desde o primeiro momento, registrando nele o sumário da aula depois disso começou a resolução de atividades que constavam no guião, trabalhando o guião, o simulador e o QI em simultâneo.

Ambas as professoras em vários momentos da aula envolveram os alunos na resolução das atividades, chamando-os a frente de toda turma para que fizessem uso do dispositivo pedagógico proposto nesta investigação.

Os alunos envolveram-se nas atividades, participando tanto dos seus lugares quanto indo até a frente da classe inteira e utilizando os recursos, QI e simulador, para resolver as atividades.

Nas duas turmas as professoras apresentavam as questões a serem resolvidas, no QI registavam-se as ideias dos alunos, discutindo-se os possíveis resultados, hipóteses. Os alunos também realizavam em seus cadernos esses registos. Posteriormente realizava-se a simulação da questão no simulador computacional e, a cada questionamento parava-se a simulação para discussão e voltava-se para os registos realizados no QI para riscar os que estavam incorretor. No final de cada questão a turma juntamente com o auxílio da professora elaboravam a resposta correta.