



Álvaro Manuel Folhas Ferreira

Licenciado em Química

A Análise Digital de Vídeo e *software* exploratório no ensino da Física

Relatório para obtenção do Grau de Mestre em
Ensino da Física e da Química

Orientador: Professor Doutor Vítor Duarte Teodoro,
Professor Auxiliar do Departamento de Ciências Sociais
Aplicadas da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Vítor Duarte Teodoro
Arguente: Prof. Doutor Grégoire Marie Jean Bonfait
Vogal: Prof. Doutor João José de Carvalho Correia de Freitas



Julho de 2012

A Análise Digital de Vídeo e *software* exploratório no ensino da Física

© **Copyright Álvaro Manuel Folhas Ferreira, FCT/UNL, UNL**

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar este Relatório através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

*Dedico este trabalho à memória dos meus pais,
pelo reconhecimento dos seus sacrifícios em
favor da educação dos filhos, e pelos valores
que me transmitiram e que procurarei honrar.*

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer este trabalho à minha Lúcia, esposa e companheira, pelo apoio incondicional no empreendimento das tarefas que me realizam, e também aos meus filhos Diogo e Gonçalo, pelo tempo que não lhes dediquei e que nunca o reclamaram.

Quero também agradecer aos meus colegas com quem, ao longo de todos estes anos, partilhei dúvidas e inquietações, concordâncias e discordâncias, angústias e sorrisos. Todos eles integram também este trabalho.

Agradeço ao Professor Doutor Vítor Teodoro, pela disponibilidade e apoio, e pelo contagiante entusiasmo e amplo conhecimento que catalisou em mim a vontade de fazer mais e melhor.

Agradeço às direções das escolas onde lecionei, a abertura e a confiança para acolherem alguns dos meus Projetos, bem como as condições para os concretizar.

Um agradecimento muito especial a todos os meus alunos, e às gratas memórias que ao longo destas duas décadas reforçaram o idealista e poeta que existe em mim.

Resumo

Trazer à superfície da memória duas décadas de ensino é um exercício que coloca em perspectiva a escola e o que ela representa para a sociedade em cada momento. O relatório de atividade profissional é meramente uma retrospectiva reflexiva do que foi a minha atividade profissional e das experiências que vivi, como as senti, e de forma discreta, as competências que delas resultaram. Nesta máquina do tempo chamada memória, revisei momentos da minha vida profissional, e atividades que determinam a minha forma de olhar o ensino e o meu lugar nele.

A Física é considerada uma das disciplinas que oferece maior grau de dificuldade, e os fracos resultados dos exames nacionais de Física e Química obrigam, não só a uma profunda análise das razões de tão baixos índices de aprendizagem, como à procura de mecanismos e de novas práticas didáticas capazes de os melhorar.

O computador é uma ferramenta à qual se reconhece elevado potencial didático, particularmente no ensino da Física, dado permitir a criação de ambientes de aprendizagem promotores da construção do conhecimento numa lógica construtivista. A Análise Digital de Vídeo é um exemplo de abordagem didática que se enquadra nesse espírito, proporcionando uma perspectiva visual do movimento, em simultâneo e de forma síncrona, com a sua representação, o que para além de diluir as tradicionais dificuldades encontradas na análise de gráficos, permite ao aluno elaborar um estudo do movimento e das leis que o regem.

Neste trabalho apresentam-se algumas sugestões de atividades didáticas orientadas para o estudo da cinemática, envolvendo a análise digital de vídeo através do Tracker, acompanhadas de análise de dados em Excel, e modelação, recorrendo ao *Tracker* e/ou ao *Modellus*.

Este trabalho, simultaneamente relatório profissional de uma carreira profissional de quase duas décadas e contributo para a melhoria da utilização das tecnologias no ensino, vem na sequência lógica do exercício do pensamento, na procura do conhecimento e da competência profissional.

Palavras-chave: Ensino da Física; Mecânica, Gráficos, Análise Digital de Vídeo.

Abstract

Bringing back to memory two decades of teaching is an exercise that puts in perspective the school and what it represents to society. The report of professional activity is merely a reflective retrospective of my work and my experiences, the way I felt them, and discreetly, the outcoming skills. In this time machine called memory, I have revisited moments of my professional life and activities that have determined the way I see school and my place in it.

Physics is considered one of the subjects that offers higher level of difficulty, and the poor results in the exams require, not only a deep analysis of the reasons for such low rates of learning, but also looking for new mechanisms and teaching practices that can improve them.

The computer is a tool recognized for its high didactic potential, particularly in the physics teaching, since it allows the establishment of learning environments which promote knowledge in a constructivist way. The Digital Video Analysis is an example of a didactic approach which fits this spirit, providing a visual perspective of the movement, simultaneously and synchronously, with its representation, which besides diluting the traditional difficulties encountered in the analysis of graphs, also allows students to produce a study of motion and the laws that govern it.

In this work we developed some suggestions for teaching activities, oriented to the study of kinematics, involving digital video analysis through the Tracker, accompanied by data analysis in Excel, and modeling using either the Tracker or the Modellus.

This work, simultaneously reporting a professional career of nearly two decades and contribution to improve the use of technology in teaching, follows a logical sequence of the exercise of thought, in search of knowledge and professional competence.

Keywords: Physics education, Mechanics, Graphics, Video Analysis.

Índice

Parte I	1
1 ----- - Relatório da Atividade Profissional	3
1.1 Introdução	3
1.2 Percurso Profissional.....	4
1.2.1 Primeira experiência	4
1.2.2 A fase da Informática.....	5
1.2.3 Profissionalização em Serviço	8
1.2.4 Regresso à Escola Sec. Adolfo Portela	11
1.2.5 Atividades no novo milénio	13
1.2.6 Formação	22
1.2.7 Publicações nas Revistas Escolares	25
1.2.8 Compromissos.....	26
1.2.9 Álvaro Folhas Domus	31
1.3 Conclusão	32
Parte II	35
1 ----- - Introdução.....	37
1.1 Contextualização	37
1.2 Identificação de problemas.....	38
1.3 Estrutura da segunda parte do relatório.....	39
2 ----- – Aprendizagem e ensino das Ciências	43
2.1 Literacia científica dos alunos portugueses	43
2.2 Dificuldades na Aprendizagem da Cinemática.....	47

2.2.1	O cálculo e a conceitualização	48
2.2.2	Os gráficos	49
2.3	Estratégias	51
2.3.1	As atividades laboratoriais	52
2.3.2	As Novas Tecnologias no ensino da Física	54
2.4	Fundamentação para a escolha do tema.....	61
3	----- A Análise Digital de Vídeo e software exploratório no ensino da Física	65
3.1	Percepção e Cognição	67
3.2	Precursor da Análise Digital de Vídeo	69
3.3	Software de Análise Digital de Vídeo.....	70
3.4	Vantagens da Análise Digital de Vídeo.....	71
3.5	O Tracker	73
3.5.1	Colheita de dados e representação	74
3.5.2	Análise de Dados	75
3.5.3	Modelação.....	76
3.5.4	Captura de Vídeo	77
3.6	Síntese.....	78
4	----- – Propostas de atividades	81
4.1	Introdução	81
4.2	Sugestão 1: A Física que nos rodeia	83
4.2.1	Tracker	83
4.2.2	Excel	84
4.2.3	Modelação.....	86
4.2.4	Modellus	88
4.2.5	Síntese	89
4.3	Sugestão 2: Atividades laboratoriais.....	91
4.3.1	A.L. 1.1 – Queda Livre.....	91

4.3.2	A.L. 1.2 - Será necessária uma força para que um corpo se mova?	97
4.3.3	A.L. 1.3 Salto para a piscina	101
4.3.4	A.L.1.4 – Satélite geostacionário	105
4.3.5	Síntese	109
4.4	Sugestão 3: Trabalho de Projeto	111
4.4.1	Caso estudado: Taxa de rotação solar	111
4.5	Formação de Professores	119
5	----- – Comentário final	121
6	----- – Bibliografia Citada.....	125
7	----- - Anexos	129

Índice de Tabelas

Tabela 1- Resultados médios dos exames de Física e Química A, 44

Tabela 2 – Tabela das imagens do sol, e respetivas datas e hora, utilizadas para o estudo apresentado..... 113

Índice de Ilustrações

Figura 1 - Demonstração num Dia Aberto (10/05/2002)	14
Figura 2 - Eclipse Solar a 03 de Outubro de 2005.....	15
Figura 3 - Participação na Rede de Projetos da Ciência Viva.	16
Figura 4 - Frontispício da página Moodle que criei para o Clube	17
Figura 5 - Grupo do Curso de Astrofotografia no ano 2010-11	18
Figura 6 - Algumas das astrofotos que registei.....	19
Figura 7 - Observação astronómica para alunos do 10.º ano.....	19
Figura 8- Porção do Poster do Programa Aveiro Digital onde figuro (por mero acaso).	20
Figura 9 - Olimpíadas da Química Júnior 2010 (esquerda); Olimpíadas da Física 2010 (direita).	26
Figura 10 - Participação na 2ªedição da Feira Medieval.	27
Figura 11 - Sessão de formação que orientei sobre utilização e funcionamento do telescópio. 28	
Figura 12 - Exame com classificação máxima de uma aluna que gentilmente mo dedicou.	29
Figura 13 - Construção de um relógio solar (2004)	30
Figura 14 - Frontispício do site Alvaro Folhas Domus	31
Figura 15 – Registos do exemplo referido (Fonte: Fiolhais, Valadares, Silva, & Teodoro (1995))	69
Figura 16 – <i>Tracker</i> evidenciando as múltiplas representações e a respetiva simultaneidade. .	73
Figura 17 – Ambiente gráfico do <i>Tracker</i> evidenciando o referencial e escala.	74
Figura 18 - Ambiente gráfico do <i>Data Tool</i> com parâmetros da parábola (neste caso).	75
Figura 19 - Representação do modelo (amarelo) em comparação com o real.	76

Figura 20 - Ecrã do <i>Tracker</i> ilustrando a análise do movimento da queda da bola.	83
Figura 21 - Tabela e gráficos realizados em Excel para o movimento referido.....	84
Figura 22 - Representações $y = f(t^2)$ e $y = f t$ do modelo obtido.	85
Figura 23 – Construção do modelo dinâmico no <i>Tracker</i>	87
Figura 24 – Construção do modelo dinâmico desprezando a resistência do ar.	87
Figura 25 – Construção do modelo cinemático.....	88
Figura 26 - Representação do modelo no <i>Modellus</i>	89
Figura 27 - Realização da Atividade Laboratorial 1.1 – “queda livre” em ambiente laboratorial.	92
Figura 28 - Representação gráfica realizada em Excel a partir dos dados do <i>Tracker</i> para este movimento.	93
Figura 29 - Tabela e representação comparativa entre o movimento real e o modelo.	94
Figura 30 - Modelo criado no <i>Modellus</i> , do movimento de queda da esfera e respetivos gráficos.	95
Figura 31 - Queda simultânea de duas bolas a partir da mesma altura.	95
Figura 32 - Atividade Laboratorial 1.2 com o respetivo gráfico $x = f(t)$ e tabela de dados.	97
Figura 33 - Tabela e representação gráfica $x = f(t)$	98
Figura 34 - Representação do gráfico $v_x = f(t)$ trabalhado em Excel.	99
Figura 35 - Análise esquemática do trabalho e cálculo algébrico da aceleração.	99
Figura 36 - Representação $x = f(t^2)$ do movimento do carro sujeito a uma força.	100
Figura 37 - Modelo da atividade laboratorial.	100
Figura 38 - Lançamento horizontal de um projétil.	101
Figura 39 - Gráfico das posições horizontal e vertical do projétil em relação ao tempo.	102
Figura 40 - “Imagem” do movimento	102
Figura 41 - Tabela e gráfico comparativo entre as representações do movimento real e do modelo.....	103

Figura 42 - Modelo aplicado no <i>Tracker</i> evidenciando a concordância com o movimento real.	104
Figura 43 - Modelo aplicado ao <i>Modellus</i> salientando os vetores velocidade e gráficos.	104
Figura 44 - Ecrã do <i>Tracker</i> ilustrando a trajetória da esfera e vetores velocidade.	106
Figura 45 - Representação da trajetória pelo <i>Tracker</i> e pelo Excel.....	107
Figura 46 - Gráficos das posições x e y em função do tempo para o m.c.u. em estudo.	107
Figura 47 - Medições no gráfico $x=f(t)$	108
Figura 48 - Modelo que traduz a montagem prevista para o desenvolvimento desta atividade.	109
Figura 49 - Manchas solares em 20 de Fevereiro de 2012 (fonte: SOHO/NASA)	114
Figura 50 - Análise da posição da mancha 1420 ao longo do tempo.	114
Figura 51 - Análise dos dados com o <i>Tracker</i> e ajuste dos pontos à equação de onda.	115
Figura 52 - Análise do comportamento das manchas solares 1420 (preto), 1428 (vermelho) e 1429 (azul).....	116
Figura 53 - Mancha 1429 captada pelo satélite Observatório de Dinâmica Solar,SDO (fonte: SDO/ Nasa)	117

Parte I

Relatório da Atividade Profissional

1 - Relatório da Atividade

Profissional

"A entrada para a mente do homem é o que ele aprende, a saída é o que ele realiza. Se sua mente não for alimentada por um fornecimento contínuo de novas ideias, que ele põe a trabalhar com um propósito, e se não houver uma saída por uma ação, a sua mente torna-se estagnada. Tal mente é um perigo para o indivíduo que a possui e inútil para a comunidade."

Jeremias W. Jenks

1.1 Introdução

Se pensar a minha carreira como um vetor cuja extremidade é o presente, só olhando para trás ficarei a perceber a direção que o mesmo assume no espaço.

No âmbito da reflexão que este documento impõe, vou procurar manter o azimute no percurso de memórias de mais de vinte anos de exercício, entre memórias que o são e outras que podem ser lembranças de memórias a quem o tempo esboroou alguns detalhes. Seria simples elencar cargos e escolas, porque os documentos o determinam com a frieza do papel carimbado, mas desprovido de qualquer interesse, ainda que o interesse desta reflexão possa ter como alvo exclusivamente o próprio que a formula.

Por ser uma reflexão pessoal das minhas vivências como professor, não vou usar um discurso revestido de qualquer formalismo acadêmico, apenas tentar elaborar recordações e vivências pedagógicas e a forma como determinaram aquilo que sou enquanto professor e pessoa. Este apelo à memória traz-me vários episódios, uns de sucesso que me orientaram na tentativa de reproduzir a abordagem, outros de insucesso que me obrigaram a refletir e identificar problemas e procurar soluções. Ambos me foram igualmente profícuos para o desenvolvimento

da minha ação educativa. Contudo, que não se entenda por isso que esse acumular de experiências me tornou um profissional mais eficiente hoje do que já fui no passado.

A escola dos nossos dias, movida por circunstâncias várias, procura um modelo de funcionamento orientado para objetivos e metas, resultando daí uma certa normalização de processos que retira alguma liberdade de ação ao professor. A permanente aferição de critérios entre professores que lecionam um dado nível, conduz à procura de abordagens semelhantes e inclusivamente o recurso ao mesmo teste, visando a equidade no processo de avaliação. Esta pretensão, sendo legítima, pode funcionar como espartilho a abordagens didáticas que não congreguem a maioria dos docentes envolvidos. A aposta da escola, por se ver confrontada com a necessidade de trabalhar por objetivos, descentra-se das aprendizagens para se orientar na busca de resultados que lhe garanta, a todos os níveis, condições para um funcionamento sustentável e equilibrado.

1.2 Percurso Profissional

1.2.1 Primeira experiência

Quando em 23 de novembro de 1989, através dos então designados “Miniconcursos”, fui colocado durante cerca de três meses, como professor substituto, na Escola Preparatória de Anadia a lecionar Matemática e Ciências da Natureza, estava longe de imaginar que aquela substituição era o pontapé de saída para aquela que iria eleger como profissão. Para mim, na altura, tal não passou de uma forma de assumir autossuficiência financeira perante a minha família que, atravessava tempos difíceis por conta de um cancro que vencida a saúde da minha mãe. Assim, neste contexto tentava concluir a minha licenciatura em Química, Ramo Científico, dividido entre a Universidade de Aveiro e esta Escola, e perdido entre os afazeres e as preocupações que o quadro impunha.

Foram tempos, a todos os níveis difíceis, mas ao mesmo tempo edificantes. Fiquei minimamente a conhecer uma Escola e a ver “o outro lado da trincheira”, o que nunca me despertara interesse. Procurei inteirar-me de todas as tarefas inerentes à função docente tendo procurado “reproduzir” os procedimentos que me habituara a ver enquanto aluno (particularmente aos professores que me tinham merecido maior respeito). O centro da minha preocupação era garantir a maior correção científica possível por entender que essa era a

chave para uma aprendizagem de qualidade. Rapidamente percebi que, para comunicar com os alunos, teria que começar por olhar o mundo através dos olhos deles, para os conduzir até à imagem que queria passar. Tinha começado o namoro.

Já imitava apenas os formalismos da aula e não os procedimentos na linha *Magister Dixit* que me ofereciam segurança mas não prazer. A interação aumentava e os cerca de uma dezena de quilómetros que diariamente percorria a pé através de um inverno chuvoso, começavam a ficar mais leves. Foram cerca de três meses onde construí aulas, e aprendi que ser professor é um desafio diário, um desejo permanente de fazer crescer nos outros o apelo ao conhecimento, e não apenas um conjunto de tarefas rotineiras e vazias de conteúdo com que hoje a Escola abafa o educador (leia-se “funcionário”).

Terminado esse período de substituição a 17 de Fevereiro de 1990, a professora retomou o seu lugar, e eu voltei à Universidade a tempo inteiro até novo contrato na Escola C+S de Oliveirinha, contrato de apenas 6 horas semanais que teve início a 23 de Maio de 1990. Este contrato, quer pela reduzida carga horária quer pelo curto período em que se desenvolveu, não me marcou com a mesma intensidade da experiência anterior.

1.2.2 A fase da Informática

Em 1990, o Professor Doutor Ferrer Correia, meu antigo Professor de cadeiras de Química e de Computadores, convidou-me a desenvolver uns trabalhos e ministrar formação em Turbo Pascal no Polo de Aveiro do Projeto Minerva (Universidade de Aveiro) onde prestei serviço como bolseiro no ano letivo 1990/91, ao mesmo tempo que exercia funções de formador nas áreas da informática para uma empresa de serviços em regime pós-laboral.

Em Maio de 1991 a minha mãe faleceu, e estando licenciado, resolvi que era hora de organizar a minha vida, começando por antecipar a incorporação militar, a qual se efetuou a 29 de Julho de 1991, no Curso de Oficiais Milicianos da Escola Prática de Cavalaria – Santarém.

No decurso do meu serviço militar concorri de novo à docência de modo a garantir o sustento quando terminasse o serviço militar, apesar do Professor Ferrer Correia ter mantido aberta a possibilidade de regressar ao Projeto Minerva. As candidaturas a bolsas eram processos demorados e não garantidos, e embora sendo uma oportunidade aliciante, não me parecia a mais adequada à minha situação financeira e familiar nas circunstâncias da época.

Assim, terminado o meu serviço militar em 1991, fui colocado na Escola Secundária da Gafanha da Nazaré, zona portuária marítima, terra de gente humilde, muitos embarcados ou emigrados.

Talvez pelo facto de alguns dos professores dessa escola terem sido anteriormente meus formandos na Universidade de Aveiro (formação em Programação em Pascal levada a cabo pelo Projeto Minerva), para além do horário atribuído como professor de Física e Química foi-me proposto ainda um horário em Técnicas Especiais (a lecionar Técnicas e Linguagens de Programação e Práticas de Programação) a uma turma do 10.ºano do Curso Complementar na Área de Informática¹, horário que se encontrava em concurso de escola. Assumi ainda as funções de coordenador da equipa do Projeto Minerva na escola.

A minha primeira aula na turma do Curso de Informática foi para aqueles alunos aterradora. Tratava-se de uma turma que, até a esse momento, contava com uma miríade de episódios de indisciplina e destruição de material escolar que deixavam em franja os nervos dos professores que lhes tinham “saído em sortes”. Como eu ainda funcionava no registo militar, habituado à ordem e disciplina, impus-me com tal firmeza que o Conselho Diretivo resolveu atribuir-me essa direção de turma. Curiosamente, e contra todas as expectativas, aqueles alunos depois da indigestão inicial, passaram a ser a minha sombra. A liberdade que o programa da disciplina me oferecia, por estar completamente descontextualizado da realidade, permitiu aplicar os temas e trabalhos aos assuntos de disciplinas que lhes ofereciam maiores dificuldades, ou a tarefas que vislumbrassem possibilidades de produzir trabalho para este ou aquele mercado (Sistemas de Gestão de Bases de Dados para Videotecas que estavam a aparecer, entre outros exemplos). A relação que estabeleci com aqueles alunos e a importância que julgo ter tido no seu desenvolvimento, fez nascer em mim uma visão romântica da Escola à qual fiquei ligado.

Voltei a lecionar as disciplinas de Informática (Técnicas Especiais) no ano seguinte, na mesma escola, dando continuidade a turma referida, e a outra que se iniciara nesse ano, sem necessidade de concurso dado que o horário desta área disciplinar (Técnicas Especiais) integrava a oferta de escola.

Com tremendas limitações quanto ao equipamento disponível (velhos computadores i8086 sem disco duro, e monitores de fósforo, onde o arranque do sistema era feito por recurso a disquetes de 5,25 polegadas e uma impressora matricial), e um programa curricular ainda mais *démodé* (no qual ainda se consideravam os cartões furados como unidades de memória externa de referência), lá se foram criando aplicações em *Pascal*, *Clipper*, explorando o MSDOS (programação de *batch files*) para tirar o máximo partido do equipamento, procurei aguçar-lhe o gosto, ao mesmo tempo que ia ficando cada vez mais enleado numa profissão que sempre tinha colocado como provisória. Entre vários trabalhos que se produziram, os

¹ - Não garanto a designação oficial do Curso no ano em causa, mas tratava-se de uma via profissionalizante na área da Informática.

alunos desenvolveram uma plataforma com SGBD² para o Centro de Formação de Escolas do Concelho de Ílhavo (CFECI) que se tinha sediado nessa mesma escola.

No ano seguinte (1993/94), por acordo com o Conselho Diretivo da Escola Secundária Adolfo Portela (Águeda), que se encontrava geograficamente mais próxima da minha residência, fui lecionar mais uma vez Técnicas Especiais durante pouco mais de um mês, tempo ao fim do qual regresssei de novo à anterior escola. Tinha sido lá colocado através do miniconcurso (ao qual tinha concorrido antes), o qual se sobrepôs ao concurso de escola que me tinha conduzido a Águeda. Assim, voltei a lecionar Física e Química nesse ano.

Paralelamente, e durante os anos letivos e 1992/93 e 1993/94, acumulei funções na Escola Profissional de Comércio de Aveiro, onde cumulativamente lecionava Informática e exercia o cargo de Orientador Pedagógico do Curso Técnico de Serviços Comerciais. Estas funções e a nova tipologia de ensino proporcionaram-me novos desafios particularmente em domínios nunca por mim visitados.

A docência começava a afirmar-se como uma opção natural para mim.

Pelo facto de me sentir impelido a ter múltiplos interesses, sentia que ensinar passava por fazer transbordar algum entusiasmo, capaz de mobilizar aqueles jovens para a procura do saber. Já não me via a exercer uma função rotineira num qualquer laboratório industrial, em que cada dia seria uma réplica do dia anterior. A única dúvida seria para que área deveria pender, se a Física e Química, na qual nutria muito gosto e sobre a qual recaía a minha formação científica de base, podendo alimentar didaticamente com recurso a múltiplos exemplos e ferramentas, nomeadamente a informática, ou se deveria apostar na Informática como área de docência, tendo em conta tratar-se de uma disciplina emergente que me oferecia melhores oportunidades profissionais, como de resto tinha acontecido até aí nos inúmeros serviços que tinha prestado como formador.

No ano letivo de 1994/95, resolvi abrandar o ritmo para oferecer melhor acompanhamento à gravidez da minha esposa, e concorri para lecionar Técnicas Especiais na Escola Secundária Adolfo Portela em Águeda, tendo aí criado e dinamizado o Clube de Vídeo, atividade que se conjugava com alguns conteúdos da disciplina de Introdução às Tecnologias da Informação aferidos ao Curso de Comunicação (CSPOVA³ de Comunicação) existente na Escola e do qual eu era professor. Lecionei ainda Introdução às Tecnologias da Informação às turmas de

² SGBD- sigla que designa Sistema de Gestão de Bases de Dados.

³ Curso Secundário Predominantemente Orientado para a Vida Ativa

CSPOPE⁴ de Informática e CSPOPE de Estudos Económico-Sociais. Dado estar a trabalhar com turmas de cursos e currículos tão diferentes, os conteúdos foram orientados para os respetivos temas e interesses, de modo a promover uma maior motivação e interdisciplinaridade, passando a avaliação a estar focada na produção de trabalhos e projetos. Realizei ainda alguns pequenos documentários em vídeo sobre visitas de estudo nas quais acompanhei os alunos com o objetivo de criar um pequeno acervo de documentos vídeo para utilização didática. Todas as atividades nas quais me envolvia, e que me obrigavam a explorar novas áreas, acrescentava um enorme prazer no exercício da docência, isto para além da gratificante relação de empatia estabelecida com alunos e colegas. Em suma, tinha prazer em ir para a escola. Por tal motivo, contando com alguns anos de exercício, e com um filho a caminho, decidi-me a concorrer à primeira fase do concurso tendo escolhido para o efeito o grupo de docência 4.ªA (Ensino de Física e Química), grupo no qual fui colocado na Escola Básica D. Miguel de Almeida em Abrantes como estagiário, realizando o 1.º ano de Profissionalização em Serviço na Escola Superior de Educação de Santarém.

1.2.3 *Profissionalização em Serviço*

Abrantes é uma cidade que pertence ao distrito de Santarém. Situada no centro do território de Portugal Continental e é ponto de transição de diferentes zonas, como o Ribatejo, a Beira Baixa e o Alto Alentejo. Os concelhos limítrofes são Sardoal e Vila de Rei a Norte, Mação e Gavião a Este, Ponte de Sôr e Chamusca a Sul e Constância e Tomar a Oeste.

Estando situado a cerca de 165 km, o que implicava sempre mais de 2.30 horas de viagem pelas estradas nacionais, não tive alternativa senão arranjar alojamento em Abrantes.

Quis o destino que esta nova etapa tivesse início no mesmo dia em que nascia o meu primeiro filho, segunda-feira, 4 de setembro de 1995. O facto de me ver obrigado a residir em Abrantes, longe da minha família que acabava de aumentar, tornou este ano particularmente penoso, ano que era cumulativamente o meu primeiro ano de estágio.

Como era meu hábito, e por estar deslocado do meu lar, também aqui me voluntariei para dar alguma formação aos colegas desta Escola, onde afinal pertencia (de forma absolutamente gratuita) mas, estranhamente, não vi esta proposta merecer muito interesse nem da direção da escola, nem dos colegas que dela poderiam beneficiar. Contudo, o Conselho Diretivo solicitou a minha ajuda para implementar o sistema informático na secretaria e para ajudar os

⁴ Curso Secundário Predominantemente Orientado para Prosseguimento de Estudos.

funcionários a manusearem os computadores e *software* de gestão. Nesse ano aderi a algumas atividades com os meus alunos, tendo participado em concursos nomeadamente no “Concurso de Ciência pela TV” realizado no âmbito da Semana Europeia da Cultura Científica e Tecnológica – 1995, do qual fomos agraciados com um prémio de 20.000\$00, que reverteu a favor da escola para aquisição de material para o laboratório (uma das lacunas da escola em causa era a ausência de laboratório e correspondente material, pelo que usava materiais caseiros e frascos do bar para ilustrar os conceitos da disciplina).

Concluí o primeiro ano de Profissionalização em Serviço na Escola Superior de Educação de Santarém com a classificação média final de 16,0 valores nas disciplinas de formação pedagógica.

No ano seguinte, fui colocado (ano letivo 1995/96) na Escola Secundária de Oliveira de Frades, no distrito de Viseu, para realizar o 2.º ano de Profissionalização em Serviço.

Oliveira de Frades é uma pequena vila situada na sub-região Dão-Lafões (região Centro) e apresenta uma população média de cerca de 2400 habitantes⁵. Por se situar a pouco mais de 50 km do meu domicílio, já me permitia o regresso diário a casa, o que me conferia uma maior estabilidade e melhores condições na organização do trabalho. O 2.º ano de Profissionalização arrancou com a elaboração do Projeto de Formação e Ação Pedagógica (P.F.A.P.) no qual desenhei as linhas orientadoras da minha ação educativa face ao levantamento das características dos alunos e do meio envolvente. Devo referir que realizei este 2.º ano de profissionalização por opção própria, considerando que contava mais de cinco anos de serviço, e no ano seguinte, tendo ou não aprovação no 2.º ano do estágio, contabilizaria seis anos de serviço, o que me isentava dessa prestação e me garantia a classificação profissional de 16 valores (média da classificação das disciplinas de Ciências de Educação do 1.º ano de Profissionalização). Centrando-me novamente no assunto, este ano foi dos mais prolíferos, não pela necessidade de obter qualquer classificação face ao que já referi, mas essencialmente pela confiança e apoio oferecida pela estrutura da escola, pelos colegas, pela humildade dos alunos e respetivos encarregados de educação, e ainda pela Professora Doutora Maria Paula Carvalho, que foi quem coordenou e acompanhou todo o trabalho que desenvolvi. Após a supervisão das unidades propostas, a Professora Doutora Maria Paula Carvalho lançou-me o desafio de projetar uma nova unidade supervisionada, a ser abordada seguindo modelos construtivistas, visando a obtenção de uma classificação final superior a 16 valores. Usei como

⁵ Dados do INE referentes a 2001, referidos em 19/01/12 no site da Câmara Municipal de Oliveira Frades em :

http://www.cm-ofrades.com/?modulo=conteudos_freguesias&link=freguesia_oliveira_de_frades

referência o *Research Report of Space*⁶ relativamente ao tema que me propus abordar (Luz e Visão) e elaborei um estudo baseado no *Primary SPACE (Science Process And Concept Exploration) Project – Research Report*, no qual procurei fazer o levantamento dos conceitos prévios sobre luz em alunos do 5.º ano (pertencentes à Escola Básica de Oliveira de Frades), 8.º ano e 12.º ano (alunos da Escola Secundária de Oliveira de Frades), procurando investigar a interpretação de fenómenos relacionados com este tema em função da faixa etária e sexo, antes e depois da intervenção didática, usando estratégia idêntica ao estudo britânico referido. A abordagem construtivista foi muito bem sucedida, sem ter por isso comprometido mais tempo do que o utilizado numa abordagem tradicional. De forma resumida, a abordagem consistia num primeiro momento no qual fazia o levantamento dos conceitos prévios sobre luz, e suscitando a dúvida quando registava inconsistência através de situações exemplo. Através de pequenos ensaios e outros exemplos do quotidiano o aluno era conduzido ao conceito pela descoberta. Sobre estes trabalhos estava previsto a elaboração de um artigo, que por razões de oportunidade, nunca se chegou a concretizar.

A nível da participação no Projeto Educativo da Escola, fiz o levantamento de material vídeo existente e organizei uma pequena videoteca para uso didático. Pelo facto da escola estar situada numa região de poucos recursos, e embora houvesse um cinema na localidade, improvisaram-se umas sessões de cinema às quartas feiras, durante a tarde, recorrendo a um projetor de vídeo e um par de altifalantes, material existente na escola com o qual se proporcionou o visionamento de alguns filmes de qualidade, sobre os quais se criava um espaço de discussão. Para além do aspeto formativo desta atividade, este espaço preenchia o hiato de tempo até à chegada do transporte público usado pelos alunos, casando o lúdico com o cultural de forma edificante para os alunos de mais baixos recursos.

Também como forma de mobilizar alunos e oferecer-lhes novos interesses na escola, levei a cabo um projeto de “Rádio” através do qual tentei proporcionar-lhes um conjunto de competências, para além de algum *know-how* técnico sobre como levar a cabo uma emissão rádio⁷. Estas emissões não eram radiodifundidas, apenas transmitidas da *régie* para as colunas que se encontravam no Bar da Escola e no recreio. O funcionamento da Rádio-Escola tinha por base uma grelha de programação, com rubricas atribuídas a equipas de alunos, que estavam obrigados a pesquisar e organizar a informação e música sobre o seu tema específico. Serviam ainda de veículo informativo para a população estudantil, e era mais um motivo de interesse

⁶ Center for Research in Primary Science and Technologie, University of Liverpool, Center for educational Studies of King's College - London

⁷ Socorri-me da experiência que tive como locutor na Rádio Regional de Aveiro e na Rádio Universidade de Aveiro nos meus tempos da faculdade.

que tornava apelativa a escola e por tudo o que ela pode representar particularmente em contextos socioculturais mais desfavorecidos.

Aproveitando o equipamento informático existente na escola, levei ainda a cabo um pequeno curso de Excel para professores em 5 sessões, particularmente orientado para as tarefas do professor (organização da informação sobre os alunos, grelhas de análise dos resultados dos testes e trabalhos e aplicação de critérios para o processo de avaliação).

No sentido de promover a cultura e a integração da escola na comunidade, integrei a Tuna da escola (designada “Tuneca”) na viola, participando nas atividades deste grupo a nível local.

Nesse ano, por ter dois alunos com surdez severa na minha Direção de Turma, conjuntamente com a equipa responsável pelo Ensino Especial, promovi formação sobre ensino do aluno surdo intitulada “ o Deficiente auditivo na Escola” e dinamizada pelo Dr. Silvestre Marques. Para assinalar o dia D (28 de Janeiro de 1997) instituído na altura para debater a questão das drogas, orientei também uma sessão de esclarecimento sobre “Drogas de Abuso- uma perspetiva química” projetada para sensibilizar os alunos para os perigos do consumo de todas as drogas de abuso, particularmente as novas vagas de drogas sintéticas de fácil acesso nas discotecas.

Bom, foi um ano em cheio, muitas atividades, muito trabalho, muita satisfação pela retribuição e reconhecimento que senti sempre, o que me redobrava energias.

Nesse ano ainda foram publicados na revista Química (Sociedade Portuguesa de Química) os artigos:

- “Estimular para Ensinar”, nº 64 (Janeiro/Março de 1997), páginas 45-46;
- “Ensino Lúdico”, nº 65 (Abril/Junho de 1997); páginas 39-41;

Terminado este ano, concluí este segundo ano com a classificação de 18,3 valores, o que resultou numa classificação de habilitação profissional de 17 valores (média dos dois anos de Profissionalização em Serviço) e consequentemente uma habilitação profissional de 14 valores conforme consta na certidão do Departamento da Educação Básica do Ministério da Educação.

1.2.4 Regresso à Escola Sec. Adolfo Portela

No ano letivo 1997/98 fui colocado por destacamento na Escola Secundária Adolfo Portela, Águeda, escola onde tinha lecionado antes da Profissionalização e que se encontra a cerca de uma dúzia de quilómetros da minha residência, a qual integrei como professor do quadro de nomeação definitiva no ano seguinte, e na qual tenho desempenhado funções até ao momento.

Águeda é uma cidade do distrito de Aveiro, na sub-região do Baixo-Vouga (região Centro), cuja atividade económica está fortemente enraizada na metalomecânica, particularmente no fabrico de motores para velocípedes, fabrico de bicicletas e cerâmica, possuindo também apreciável área agrícola extremamente fértil na produção de milho, fruta, vinho e madeira. A concentração populacional é assimétrica no concelho de Águeda, possuindo uma densidade populacional inferior a 30 habitantes por km² na zona serrana, por oposição com a zona ribeirinha cuja densidade é de cerca de 300 habitantes por km². Esta cidade conta com duas escolas secundárias que servem a população do concelho. Este concelho, como infelizmente acontece a tantos outros, conta problemas sociais, decorrentes da pobreza que resulta do desemprego, e baixos rendimentos salariais.

A Escola Secundária com 3º ciclo do Ensino Básico de Adolfo Portela (ESAP) foi fundada em 11 de Novembro de 1981. Situa-se na freguesia de Águeda, uma das 20 que o concelho possui e, de acordo com o Projeto Educativo desta escola, em 2008/09, contou com 325 alunos no ensino básico (dos quais 48,3% raparigas e 51,7% rapazes) e 680 no ensino secundário (dos quais 44% raparigas e 56% rapazes), valores que pouco têm variado ao longo dos últimos anos (em termos globais tem variado entre os 1000 e 1100 alunos), sendo esta população estudantil da ESAP é sobretudo oriunda da zona ribeirinha do concelho.

A 6 de Outubro de 1997 foi-me concedido a certificação de Formador pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua (CCPFC), nas áreas C15 – Tecnologias Educativas (Informática/ Aplicações da Informática) e C16 – Tecnologias Educativas (Meios Audiovisuais).

No ano 1997/98, lecionei a duas turmas do 8º ano e duas turmas do 10.º ano, uma do agrupamento científico-naturais e outra do agrupamento de desporto. Rapidamente percebi que, sendo o programa da disciplina de Ciências Físico-Químicas (doravante referida por CFQ) o mesmo para ambas as turmas, os alunos duma e doutra turma estavam separados por um hiato cognitivo nesta disciplina que me levantava um enorme desafio (ao que na altura lhe chamaria sério problema) aliado a uma profunda falta de interesse pela disciplina. Quando os confrontei com a situação, alguém da turma referiu que “CFQ era uma disciplina que já tinham dado como perdida por nunca terem tido positiva antes, e não perceberem nada daquilo”. Esta opinião foi reforçada por outros alunos que referiram tratar-se de negativa tolerável pelos respetivos encarregados de educação (a par da matemática). Confesso que fiquei sem saber como lidar com a situação e resolvi começar tudo pelo mais básico e reformular a planificação para aquela turma em particular (embora com muitas reservas quanto ao grau de eficácia das medidas que estava prestes a tomar) e comecei devagarinho por conceitos muito simples para aumentar o capital de confiança e, sempre que possível, alinhando os assuntos aos temas de desporto dos quais resultava discussão. Na outra turma, a matéria seguia o curso normal do programa, a par de outras turmas lecionados por colegas. A dada altura, cada exercício era um desafio, e cada um queria demonstrar que era capaz de resolver as situações apresentadas.

Nem todos os alunos aderiram ao desafio, mas vários dos que habitualmente se poderiam designar como “casos perdidos” conseguiram definir conceitos e integrá-los, ao ponto de, no final do ano, apresentarem um desempenho comparável ao de alunos de outras turmas considerados bons, tendo obtido classificações acima dos 15 valores nas Provas Globais.

Estou a referir este episódio particularmente por dois motivos: o primeiro prende-se ao mérito que os alunos tiveram em acreditar e agarrar uma *chance* de vencer, numa luta que no fundo era travada dentro de cada um deles. Por outro lado, por sentir que se fosse hoje, provavelmente a pressão de evitar situações que no curto prazo poderiam levantar celeuma (testes de diferente graus de dificuldade ainda que em turmas diferentes arrastam alguns pais à escola, e criam uma agitação que a escola hoje procura a todo custo evitar). Esta experiência para mim serve de referência, não por ter sido bem sucedida, pois por vezes formam-se bonitos cristais pela casual presença de um grão de pó, mas por perceber que nem sempre a normalização é o caminho.

Tal como em anos anteriores, integrei o grupo responsável pela área de comunicação da escola.

No ano seguinte (1998/99), integrei os quadros de pessoal docente da ESAP. Nesse ano lecionei Física e Química a duas turmas do 10.º ano e a duas turmas de 12.º ano de Química, também aqui, uma das turmas era do Agrupamento 1 (Científico-Natural) e a outra era da área de Desporto. As circunstâncias do ano e da turma não permitiram repetir a experiência do ano anterior, o que demonstra que não há receitas fadadas ao sucesso, e que o mesmo é, em larga medida, mérito do aluno que se deixa envolver.

Por sentir que deveria reforçar as minhas aprendizagens nos domínios educativos frequentei um Curso de Especialização em Orientação Educativa, entre 14 de Novembro de 1998 e 10 de Dezembro de 1999, num total de 260 horas, tendo obtido a classificação “Muito Bom”. Esta formação permitiu-me aprofundar os conhecimentos nas áreas da Psicologia da Educação, Filosofia e Sociologia da Educação, Métodos e Técnicas de Apoio Educacional, Necessidades Educativas e Grupos de Risco e Administração Escolar, incluindo neste Curso um Projeto de Intervenção Educacional.

1.2.5 *Atividades no novo milénio*

Agora que illustrei o meu percurso até à escola onde ainda me encontro, e a forma como senti cada fase desse processo, não vou continuar a elencar as recordações ano após ano. Vou apenas centrar-me nas atividades que desenvolvi, procurando ilustrar a sua essência, com um ou outro apontamento reflexivo.

1.2.5.1 Dia Aberto

Durante vários anos, realizou-se na escola o Dia Aberto, dia em que a escola trocava as aulas por um conjunto de atividades envolvendo as diferentes áreas disciplinares e recebia a visita de alunos de escolas básicas do concelho. Entre a miríade de atividades oferecidas estavam as sempre apetecíveis experiências físicas e químicas, que procuravam causar espanto e deslumbramento, e tinham o intuito de suscitar aos mais novos o interesse e curiosidade científica. Preparávamos atividades com carácter lúdico onde os mais pequenos descobriam o fascínio da Ciência, e os alunos da própria escola colaboravam na realização de alguns ensaios, revisitando os conceitos estudados, agora num novo figurino. Outros ensaios eram realizados pelas próprias crianças, que colocavam a “mão-na-massa” de que é feita a Ciência.



Figura 1 - Demonstração num Dia Aberto (10/05/2002)

Sendo uma jornada cansativa, que envolvia trabalho prévio e arrumação no final, ficávamos com a satisfação de ter prestado mais um bom serviço à comunidade.

1.2.5.2 Projetos Ciência Viva

No âmbito da divulgação e cultura científica, integrei a equipa do Projeto Ciência Viva intitulado “Janelas para a Descoberta” que reuniu docentes dos grupos disciplinares de Física e Química e de Biologia e Geologia, tendo para o efeito produzido apresentações e experiências

orientadas para os alunos e para visitantes, nos dias 21 de Fevereiro, 7 de Março, 21 de Novembro de 2002 e 13 de Março de 2003 na Escola Secundária Adolfo Portela.




Figura 2 - Eclipse Solar a 03 de Outubro de 2005

Enquanto dinamizador do Clube de Astronomia, em colaboração com o astrónomo José Matos do FISUA (Associação de Física da Universidade de Aveiro) e do diretor da escola onde me encontro, elaborámos o Projeto “Sol à Vista” financiado pelo Projeto Ciência Viva (para aquisição de material e equipamento utilizado), que decorreu no biénio 2005/06 e 2006/07, contando para o efeito com atividades de observação e registo da atividade solar efetuadas na escola com alunos, recorrendo ao telescópio solar (*Personal Solar Telescope*, PST, de 40 mm de abertura e filtro H-alfa) para observação e registo do disco solar, e um telescópio catadióptrico de 201 mm de abertura (f/10) equipado com filtro solar (*Thousand oaks*) para observação e registo de manchas solares.


O material adquirido tem servido para as atividades do clube de astronomia que dinamizo, algumas das quais integrantes das iniciativas do Projeto Ciência Viva.

→ Página Principal
→ Agenda
→ Áreas temáticas
→ Semana C&T
→ Ocupação Científica
→ Ciência Viva no Verão
→ Fórum Ciência Viva
→ Concurso Ciência Viva
→ Apoio à Cultura C&T
→ Acções de Divulgação
→ Projectos e Materiais
→ Recursos Ciência Viva
→ Centros Ciência Viva
→ Imprensa
→ ... temos Ciência

Assista à emissão da 

Rede de Projectos
programa

✉

Data: Cidade: 

Observação do Sol

quinta-feira, 7 de Outubro de 2010 às 10:30

Promotor: Clube de Astronomia da Escola Secundária de Adolfo Portela
Localidade: Escola Secundária de Adolfo Portela
Cidade: Águeda

Descrição: Dia 7 de Outubro (quinta-feira), o Clube de Astronomia da Escola Secundária de Adolfo Portela (Águeda) promove observações solares usando para o efeito um Telescópio Solar de 40mm (Coronado PST em H-alfa), um telescópio de 8 polegadas com filtro solar (Thousand Oaks) e um SolarScope, para mostrar a actividade solar e descobrir possíveis manchas no Sol.

Observações: Na eventualidade das condições climatéricas não permitirem a observação acima mencionada, iremos em alternativa realizar uma sessão de exploração do Espaço recorrendo à projecção do Stellarium e Celestia em sala de aula.

Contactos: Telef. 234 623 808 Fax: 234 621 451 E-mail: alvaro.folhas@esap.edu.pt ou geral@esap.edu.pt

Existem 1 acções definidas

Figura 3 - Participação na Rede de Projetos da Ciência Viva.

1.2.5.3 Astronomia

Desde 2004/05 que tenho dinamizado o Clube de Astronomia na ESAP. As atividades desenvolvidas neste clube passam por observações noturnas e observação da atividade solar, apoio a disciplinas onde esta temática é abordada, divulgação científica nesta área através da revista da escola (inicialmente na revista "Recado", agora "Enlinh@"⁸), da página do Clube na plataforma Moodle (aberta a visitantes) e dinamização de alguns minicursos sobre uso do telescópio ou noções de astrofotografia, consoante as características e interesses dos envolvidos. No que respeita à Revista Enlinh@, de publicação trimestral, o artigo de astronomia passou a rubrica habitual através da qual faço uma descrição do céu e acrescento outro

⁸ Disponível em http://esap.edu.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=308&Itemid=145

assunto que pode ser sobre equipamento e observação, factos astronómicos ocorridos ou até mitologia.

Figura 4 - Frontispício da página Moodle que criei para o Clube⁹

A página do Clube de Astronomia encontra-se na plataforma Moodle da escola e procura ser não apenas um espaço de divulgação das atividades do clube, mas um espaço de informação e consulta, através do qual são veiculadas informações de astronomia bem como disponibiliza hiperligações para algum *freeware* de elevado interesse didático que pode ser utilizado por professores, alunos ou pelo cidadão comum, dado tratar-se de um espaço aberto a visitantes.

⁹ Disponível em <http://esap-m.ccems.pt/course/view.php?id=115>



Figura 5 - Grupo do Curso de Astrofotografia no ano 2010-11

Devo confessar que a Astronomia foi uma área pela qual sempre senti algum apego, mas, a convicção errada que aprender astronomia obriga a uma série de equipamento muito sensível e de elevado custo, obrigou-me a olhar para esta área como estando fora do meu alcance, como decerto acontecerá a muita gente. Quando me decidi a abraçar esta tarefa obriguei-me a adquirir muita literatura e algum equipamento, e contei com a ajuda preciosa dos meus amigos da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores (APAA) e de todos quantos frequentam o seu fórum¹⁰.

Dentro da astronomia os meus interesses começam a centrar-se na astrofotografia, seja fotografia de céu profundo (galáxias, nebulosas e enxames), fotografia planetária, e fotografia da atividade solar, embora as limitações quer de tempo, quer de equipamento, quer de *know how*, não têm proporcionado o desempenho que espero alcançar no futuro.

Desde 2010 que tenho participado na “Semana Mundial do Espaço”, celebração internacional da ciência e tecnologia e do seu contributo para a melhoria da qualidade de vida, semana de 4 a 10 de Outubro instituída em 1999 pelas Nações Unidas.

¹⁰ <http://www.apaa.co.pt/apaaforum/index.php>



Figura 6 - Algumas das astrofotos que registei¹¹

Assim, o Clube que dinamizo tem integrado o roteiro mundial de eventos (consultar em <http://www.worldspaceweek.org>), com uma sessão de observação astronómica e uma exposição de astrofotografia com fotografias de nebulosas, protuberâncias e manchas solares, crateras e cordilheiras lunares e alguns dos planetas do nosso sistema solar, trabalhos alguns meus e outros realizados pelo Clube de Astronomia da escola.



Figura 7 - Observação astronómica para alunos do 10.º ano.

A última observação astronómica que orientei realizou-se no dia 27 de Janeiro de 2012 e contou com cerca de 40 alunos (Figura 7). Esta sessão de observação astronómica foi

¹¹ (da esquerda para a direita): grupo de manchas solares (grupo 1339); crateras lunares Aristillus, Autolycus e Archimedes e a cordilheira dos Apeninos; Júpiter e duas das suas luas

orientada para os alunos do 10º ano com o objetivo de ilustrar conteúdos lecionados nas disciplinas de Biologia e Geologia e Física e Química. Observaram-se assim os planetas Vénus e Júpiter acompanhado das suas luas galileanas, detalhes da superfície lunar, e depois de uma visita guiada aos céus, observámos uma nebulosa estelar (M42 – Grande nebulosa de *Orion*), supergigantes vermelhas (*Betelgeuse* e *Aldeberã*) e apontou-se ainda a nebulosa do caranguejo (M1) na constelação de Touro, recapitulando os assuntos abordados nas aulas. Fez-se um roteiro do céu pelas constelações visíveis, sendo referidas indicações práticas para o conhecimento dos céus, além de um ou outro apontamento mitológico que se mostrou oportuno e que os alunos acolheram com muito interesse.

1.2.5.4 Ria.Edu

Integrei a equipa do Projeto Ria.Edu no triénio de 2003/04 a 2005/06 na Escola Secundária Adolfo Portela. Este projeto fazia parte do Programa Aveiro Digital, de âmbito mais alargado, e tinha como missão criar uma comunidade educativa regional, comprometida com a educação dos jovens, recorrendo a novos modelos de aprendizagem em cooperação. Neste intuito desenvolveram-se para alunos, professores e pais, ambientes de trabalho e comunicação com base nas TIC, bem como ferramentas e serviços facilitadores da ligação à Comunidade Educativa.

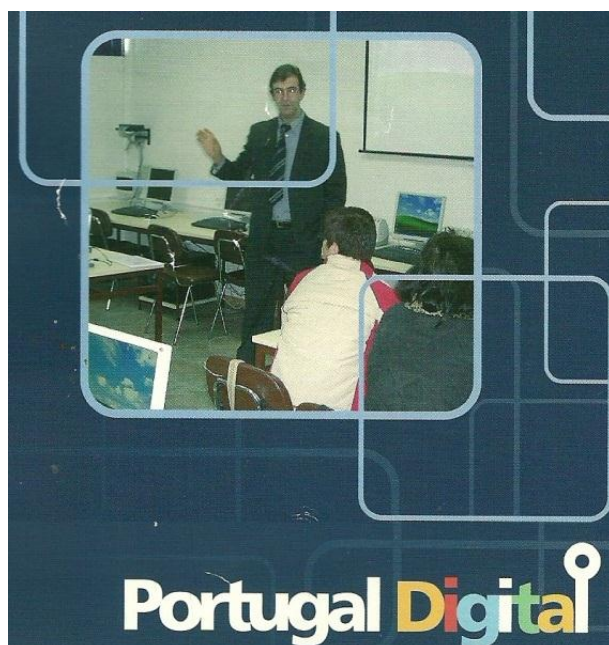


Figura 8- Porção do Poster do Programa Aveiro Digital onde figuro (por mero acaso).

A rede criada envolveu cerca de 50 turmas, 1200 famílias e 450 professores que, para cada caso, recorria a uma plataforma (SharePoint) desenhada para a comunidade educativa, onde se estabeleciam pontes *online* entre os docentes, pais e alunos, via caderneta eletrónica e dossier pedagógico.

Este projeto criou ainda um Centro de Recursos didáticos nos quais os docentes depositavam os seus trabalhos produzidos recorrendo às ferramentas disponibilizadas no portal, gerando deste modo um acervo de recursos ao qual os docentes que integravam o projeto tinham acesso. Pela complexidade do projeto e pela necessidade de reformulação quer de conceitos, quer de conteúdos quer até de recursos logísticos, além da imperiosa necessidade de ajustar docentes, pais e alunos ao conceito e às ferramentas, obrigou a muito esforço e dedicação, quer no desenho da estrutura quer na sua implementação no terreno, tendo para o efeito orientado várias ações de formação para os professores envolvidos das escolas dos concelhos de Águeda e Oliveira do Bairro.

1.2.5.5 Sítio Web da ESAP e plataforma Moodle

Em 2007/08 integrei a equipa responsável pela conceção, *design* e gestão de conteúdos informativos do Sítio *Web* da Escola Secundária Adolfo Portela, bem como pela Plataforma Moodle que serve de apoio às disciplinas. Neste momento, a gestão dos conteúdos do *Website* referido está a cargo de um elemento da direção da escola, mas uma vez que mantenho privilégios de administrador, continuo a dar apoio, quando necessário, na administração da plataforma Moodle.

1.2.5.6 Bolsa de Classificadores de Exames Nacionais

Integrei em 2010/11 a Bolsa de Professores Classificadores de Exames Nacionais, em conformidade com o Despacho nº18060/2010 de 3 de Dezembro, tendo classificado exames nacionais de Física e Química (código 715) em ambas as fases de Exame de 2011. De acordo com os critérios definidos para esta função na supracitada legislação, esta tarefa resultou de ter lecionado nestes últimos anos os níveis de escolaridade em que é aplicado o exame, bem como ter desempenhado várias vezes a função de classificador das provas de exame.

1.2.6 Formação

1.2.6.1 Formação ministrada a Professores

Dado estar certificado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua (CCPFC) como já referi, exerci funções de Consultor Especialista no Centro de Formação Intermunicipal Egas Moniz (Estarreja e Murtosa) e, enquanto formador elaborei vários planos de formação que levei ao terreno em ações de Formação Contínua de Professores, versando temas sobre Tecnologia Educativa e Aplicações Informáticas no Ensino, de acordo com a listagem abaixo apresentada.

- Curso “Meios e Materiais de Ensino – Suportes Visuais, Audiovisuais e Jogos Didáticos” em Abril e Maio de 1999, com a duração de 50 horas, no Centro de Formação da Associação de Escolas do Concelho de Oliveira do Bairro.
- Curso “O Computador – Uma ferramenta do Professor” de Setembro a Dezembro de 1999, com a duração de 50 horas, no Centro de Formação da Associação de Escolas do Concelho de Oliveira do Bairro.
- Curso “Meios e Materiais de Ensino – Suportes Visuais, Audiovisuais e Jogos Didáticos” de Abril a Junho de 2000, com a duração de 50 horas, no Centro de Formação de Professores de Águeda.
- Curso “Internet – ao encontro da Aldeia Global”, com a duração de 50 horas, de Setembro a Dezembro de 2000, no Centro de Formação da Associação de Escolas do Concelho de Oliveira do Bairro.
- Ação de Formação “A Importância do Audiovisual para o Ensino do Aluno Surdo” com a duração de 3 horas, que decorreu em 7 de Março de 2001 na Escola Secundária Dr. João Carlos Celestino Gomes - Ílhavo.
- Curso “Internet – ao encontro da Aldeia Global” de Setembro a Novembro de 2001, com a duração de 50 horas, no Centro de Formação da Associação de Escolas do Concelho de Oliveira do Bairro.
- Curso “Internet – informação eletrónica e acesso à comunicação” de Fevereiro a Março de 2002, com a duração de 25 horas, no Centro de Formação da Associação de Escolas do Concelho de Oliveira do Bairro.

- Curso “Introdução à Produção de Documentos Aplicados ao Ensino” de Setembro a Novembro de 2002, com a duração de 50 horas, no Centro de Formação da Associação de Escolas do Concelho de Oliveira do Bairro.
- Oficina de Formação “ O PowerPoint e as Apresentações na Sala de Aula” de Setembro a Novembro de 2002, com a duração de 38 horas, no Centro de Formação da Associação de Escolas do Concelho de Oliveira do Bairro.
- Oficina de Formação “ O Excel e a automação das tarefas do Professor” de Setembro a Novembro de 2003, com a duração de 38 horas, no Centro de Formação da Associação de Escolas do Concelho de Oliveira do Bairro.
- Curso “Competências Básicas em TIC – Internet e *Email*” de 12 de Julho a 14 de Julho de 2004, num total de 15 horas no Centro de Formação de Professores de Águeda.
- Curso “Funcionalidades do Dossier Pedagógico” de 20 de Novembro a 11 de Dezembro de 2004, num total de 15 horas no Centro de Formação de Professores de Águeda.
- Curso “Funcionalidades do Dossier Pedagógico” de 23 de Novembro a 14 de Dezembro de 2004, num total de 15 horas no Centro de Formação de Professores de Águeda.
- Ação de Formação “Dossier Pedagógico - *MS learning gateway*” de 15 de Fevereiro a 17 de Maio de 2005, num total de 30 horas no Centro de Formação de Professores de Águeda.
- Ação de Formação “Dossier Pedagógico - *MS learning gateway*” de 07 de Outubro a 09 de Dezembro de 2005, num total de 30 horas no Centro de Formação de Professores de Águeda.
- Oficina de Formação “Projeto Ria.Edu – Dossier Pedagógico – Produção de Materiais para a *Web II*” de 27 de Janeiro a 28 de Abril de 2006, num total de 30 horas, no Centro de Formação de Professores de Águeda.
- Oficina de Formação “A utilização das TIC nos processos de ensino/aprendizagem” de 15 de Fevereiro a 24 de Maio de 2006, 5 horas num total de 25 horas no Centro de Formação de Professores de Águeda.

Refiro aqui estas funções que, embora não façam parte do meu trabalho como professor, estão pela sua natureza e substância intimamente ligadas à prática docente, seja pela pesquisa e estudo sobre os temas apresentados, fruto de reflexão sobre a prática pedagógica e consequente procura de respostas, bem como a sua sistematização e experimentação com vista à produção de material e textos de apoio.

1.2.6.2 Formação Frequentada

Tal como qualquer docente, tenho que frequentar formação, o que tenho feito para além das estabelecidas como necessárias para efeitos de progressão na carreira. Refiro apenas a formação que obtive a partir de 2004, por ser a mais atualizada e para não estender demasiado o texto.

- “Aplicação das Tecnologias da Informação no 1.º Ciclo do Ensino Básico” orientada para Formadores de Professores, na Universidade de Aveiro (Departamento de Didática e Tecnologia Educativa), que decorreu de 9 de Janeiro a 5 de Março de 2004, acreditada em 1 crédito.
- “Ensino da Astronomia nas Escolas” no Centro de Formação de Professores de Águeda, que decorreu de 21 de Abril a 14 de Julho de 2004, acreditada em 2 créditos.
- “Quadros Interativos *Promethean*” levada a cabo pela ACEAV (Associação da Comunidade Educativa de Aveiro) no âmbito da Formação dos Formadores do Projeto Ria-Edu.
- “Produção de Materiais para Utilização em Sala de Aula com Quadros Interativos” Centro de Formação de Professores de Águeda, que decorreu de 27 de Setembro a 25 de Outubro de 2006, acreditada em 1,2 créditos.
- “A Contextualização da Formação no Apoio aos Projetos TIC nas Escolas e o seu Apoio através de *E-Learning*” para Formadores, na Universidade de Coimbra, promovido pela DGIDC/CRIE de 18 de Setembro a 30 de Outubro de 2006, acreditada em 1 crédito.
- “A Abordagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Secundário” realizada na Universidade de Aveiro (Departamento de Didática e Tecnologia Educativa) na modalidade de Círculo de Estudos, no âmbito do Doutoramento da Dra. Ana Cardoso, num total de 25 horas, tendo obtido 1,5 créditos com a classificação de 10 (numa escala de 0 a 10) - Excelente.
- Curso de Formação “A página da disciplina na plataforma Moodle” (CCPFC/ACC – 63687/10) orientado pelo formador Rui Marques, entre 14 de Fevereiro e 11 de Março de 2011, com a duração de 15 horas a que correspondem 0,6 créditos e tendo obtido a classificação de 9,9 valores – Excelente.
- Oficina de Formação “Fiabilidade na classificação de respostas a itens de construção no contexto da avaliação externa de aprendizagens” orientada pela formadora Emília Batista, e promovida pelo GAVE-Gabinete de Avaliação Educacional (Ministério da Educação). Estas sessões presenciais desenrolaram-se nos dias 25 e 26 de Março de 2011 e tinham por objetivo harmonizar os processos de classificação de exames de Física e Química. A esta formação foi atribuída a duração de 45 horas das quais 15

horas foram sessões presenciais e 30 horas de formação autónoma (classificação de exames), obteve a classificação de 8,6 valores – Muito Bom.

- Oficina de Formação “*Interatividade com Física, Matemática e Química*” orientada pela formadora Isabel Tavares no Centro de Formação Intermunicipal Adolfo Portela, entre 12 de Outubro e 07 de Dezembro de 2011, com a duração de 50 horas a que correspondem 2 créditos e tendo obtido a classificação de 10 valores – Excelente.

1.2.7 Publicações nas Revistas Escolares

Particularmente no biénio 2009-2011 realizei um grande investimento em autoformação para aquisição de competências em Astronomia e Astrofotografia, no sentido de tornar a escola uma referência nesta área científica, e servir de suporte a diferentes disciplinas como a Física, a Química e Biologia. Procurei desta forma aplicar estes conhecimentos ao serviço do Clube de Astronomia, de modo a proporcionar um espaço de desenvolvimento científico aos nossos alunos, catalisando neles o gosto pela Ciência. Deste esforço resultou ainda a publicação de vários artigos sobre Astronomia, à razão de um por cada edição da revista da Escola, num total de **6 artigos** de acordo com a lista abaixo:

- “**Astronomia na ESAP**”; Recado nº107; Dezembro 2009; páginas 8 e 9.
- “**Astronomia na ESAP-Como começar**”; Recado nº108; Dezembro 2009; páginas 16 e 17.
- “**Astronomia na ESAP-A febre da Abertura**”; Recado nº109; Maio 2010; página 15.
- “**O céu de Inverno**”; Enlinh@ 1; Dezembro 2010; Páginas 28 a 30.
- “**Super-Lua de 19 de Março**”, “**O céu da Primavera**”; Enlinh@ 2; Abril 2011; Páginas 19-21.
- “**O céu de Verão**”; Enlinh@ 3; Julho 2011; Páginas 15 a 17.
- “**Vamos ler o céu**”; Enlinh@ 4; Dezembro 2011; Páginas 14 a 15.

Elaborei ainda em coautoria os artigos:

- “**Nobel- da guerra à paz**” em co-autoria com a professora Conceição Maia (Recado nº109; Maio 2010; páginas 14 e 15);
- “**era uma vez...o sabão**” em co-autoria com a professora Elsa Azenhas (Enlinh@ nº1; Dezembro 2010; páginas 26 e 27).

1.2.8 *Compromissos*

1.2.8.1 *Compromisso com o grupo disciplinar*

Não posso deixar em branco algumas notas sobre os meus colegas do Grupo Disciplinar da ESAP pelo dinamismo e dedicação que têm usado ao serviço da escola e dos alunos, e que ultrapassa em larga medida as suas obrigações. Felizmente esse empenho tem-se manifestado nos resultados dos nossos alunos nos exames nacionais de Física e Química que sistematicamente se têm registado francamente superiores à média nacional.

Assim, o compromisso com a promoção da aprendizagem e do desenvolvimento pessoal e cívico dos alunos obriga a escola a sair do seu perímetro habitual e a participar em atividades que catalisem o interesse pela nossa área curricular. Exemplos disso têm sido as Olimpíadas da Química e Olimpíadas da Física, e visitas de estudo que vamos promovendo no sentido de proporcionar novas experiências aos nossos alunos.



Figura 9 - Olimpíadas da Química Júnior¹² 2010 (esquerda); Olimpíadas da Física¹³ 2010 (direita).

Tendo assumido a escola um papel de relevo na dinâmica local, outros eventos de cariz diferente têm contado com a nossa colaboração, como são exemplo as Feiras Medievais realizadas em parceria com a Câmara Municipal de Águeda e com outras escolas do Concelho.

¹² Olimpíadas da Química Júnior realizada na Universidade de Aveiro a 17 de Abril de 2010

¹³ Olimpíadas da Física – realizada na Universidade de Coimbra a 24 de Abril de 2010.

Até à data este evento contou com duas edições realizadas em 2009 e 2010, nas quais participámos de forma ativa com ensaios que fossem apelativos aos visitantes. Estas tarefas obrigaram a intenso trabalho no fim do dia na elaboração dos artefactos e ensaios com os quais animámos a nossa área da feira.



Figura 10 - Participação na 2ªedição da Feira Medieval.

Devo realçar que o nosso Grupo Disciplinar prima pela análise conjunta quer de estratégias quer de ferramentas, contando eu com o apoio dos meus colegas, assim como eles contam com o meu. Da partilha de saberes resulta um todo mais completo, que dignifica a qualidade do nosso trabalho e nos enriquece enquanto profissionais pela aprendizagem que tiramos dos múltiplos saberes que cada um tem para oferecer.

Como exemplo disso, para além da elaboração e partilha de recursos didáticos entre todos, e da análise de resultados e propostas de trabalho amplamente discutidas nas nossas reuniões quinzenais, tenho procurado dar a minha modesta colaboração em tarefas como administração do espaço Moodle, criando as disciplinas Moodle para os diferentes professores, além de gerir uma disciplina Moodle de acesso reservado aos docentes do grupo onde se encontra residente muito do material de interesse da área disciplinar. Ainda neste espírito de partilha e troca de saberes, procurei fornecer alguns elementos sobre astronomia e uso do telescópio dada a afinidade que esta área científica tem com a disciplina de Física e Química, e particularmente por ser uma área onde é mais precária a formação de professores.



Figura 11 - Sessão de formação que orientei sobre utilização e funcionamento do telescópio.

1.2.8.2 Avaliação de Desempenho

Ainda sobre o compromisso com a Escola devo referir que tenho contado sistematicamente com uma assiduidade de 100% (em 4 anos faltei um dia por motivo de greve), e que, relativamente à avaliação de desempenho, obtive a classificação de **8 valores** no **biénio 2007-2009**, o que apesar da classificação, resultou na classificação de Bom pelo facto de não ter requerido aulas assistidas. Estando no 4º escalão no biénio **2009-2011**, de acordo com as normas entretanto publicadas, impunha-se para futura mudança para o 5.º escalão a observação de aulas no processo de avaliação de desempenho docente, tendo obtido a classificação de **8 valores**, ao que correspondeu a menção qualitativa de **Muito Bom**.

1.2.8.3 Compromisso com as aprendizagens

Todos os aspetos referidos não passam de vetores orientados para um propósito principal: formar jovens capazes de devolver em dobro o investimento que é posto neles, quer

fomentando a sua capacidade de análise, sentido crítico e responsabilidade, como também sob o ponto de vista da sua realização académica na perseguição dos seus objetivos profissionais.

A lecionação de níveis sujeitos a exame nacional no ensino secundário obriga a um esforço adicional na preparação dos assuntos com o devido rigor científico e com a abordagem pedagógica que melhor favoreça a aquisição de conhecimentos e obtenção de competências. Estes objetivos são muitas vezes comprometidos pela falta de pré-requisitos quer na disciplina, quer em disciplinas de suporte como a Matemática e o Português, e são geradores de níveis de responsabilidade maiores uma vez que definem o futuro dos nossos jovens. São ao mesmo tempo compensadores quando esse esforço é reconhecido por parte dos alunos por se materializar em resultados.

Um grande beijinho de uma aluna que jamais o esquecerá

PROVA DE EXAME FINAL NACIONAL ANO LECTIVO 2007/2008	
A PREENCHER PELO ESTUDANTE <i>Inês Cunha</i>	
NOME COMPLETO <u>Inês Antunes Cunha</u>	
BILHETE DE IDENTIDADE N.º <u>13746829</u>	EMITIDO EM (LOCALIDADE) <u>Aveiro</u>
ASSINATURA DO ESTUDANTE <u>Inês Antunes Cunha</u>	
PROVA DE <u>Física e Química A</u>	CÓDIGO <u>2115</u>
REALIZADA NO ESTABELECIMENTO <u>ESAP</u>	
PROVA DE <u>Física e Química A</u>	CÓDIGO <u>2115</u>
AGRUP./CURSO <u>Ciências e Tecnologias</u>	FASE <u>1ª</u> CHAMADA <u>1ª</u>
NÚMERO DE PÁGINAS UTILIZADAS <u>08</u>	VERSÃO <u>1</u>
A PREENCHER PELA ESCOLA	
N.º CONVENCIONAL <u>0389</u>	
N.º CONVENCIONAL <u>0389</u>	
A PREENCHER PELO JÚRI	
CLASSIFICAÇÃO DE <u>2100</u> PONTOS (<u>Quanto</u>)	
CORRESPONDENTE A <u>210</u> VALORES (<u>Umto</u>) POR ARREDONDAMENTO ÀS UNIDADES	
DATA <u>1/6/08</u>	RUBRICA CÓD. <u>6966</u>
OBSERVAÇÕES _____	
COTAÇÕES	

TARIADO DE EXAMES

MONTA os Registos

Figura 12 - Exame com classificação máxima de uma aluna que gentilmente mo dedicou.

Obviamente que o bom desempenho escolar resulta sempre da confluência de vários aspetos, alguns dos quais fogem ao nosso controlo, sendo o mais importante, a meu ver, a motivação e empenho do aluno. O professor é apenas um facilitador de aprendizagens, tendo para isso que estabelecer uma sólida Relação Pedagógica com os seus alunos, de modo a reduzir o atrito que os separa.

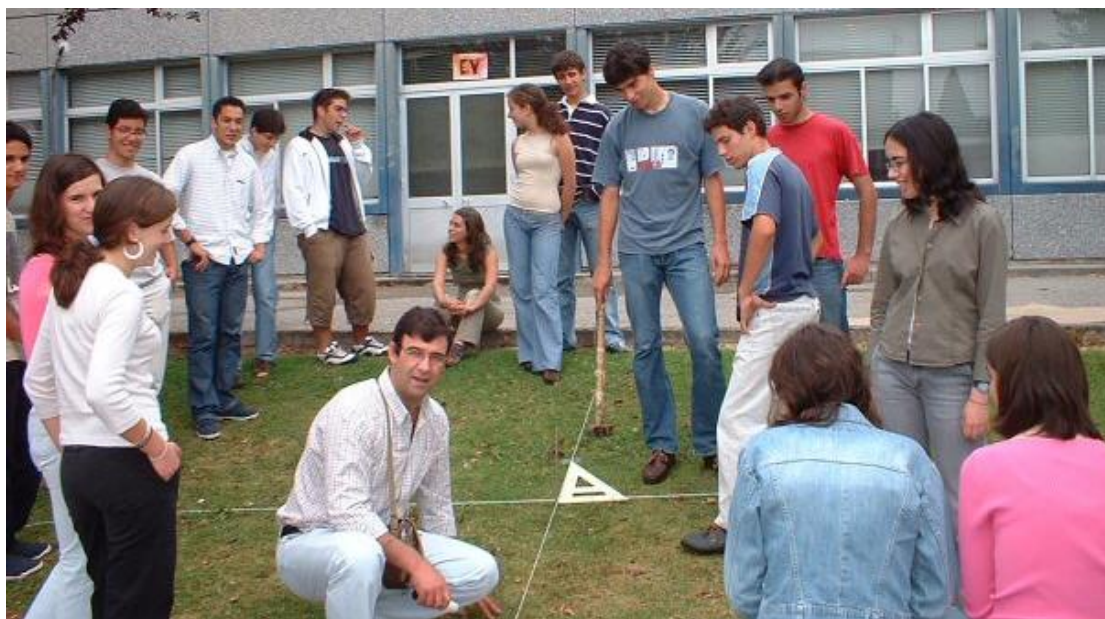


Figura 13 - Construção de um relógio solar (2004)

Essa relação de confiança consegue-se pela convicção do professor na sua ação educativa, podendo ser também reforçada pela criação de pequenos projetos que envolvam os alunos em torno de um dado objetivo.

Desta forma, estreitam-se mais as relações professor-aluno e entre os alunos, obrigando-os a pensar soluções que articulem os conhecimentos que já detém.

1.2.9 Álvaro Folhas Domus

Elaborei há alguns anos, o sítio web “**Alvaro Folhas Domus**¹⁴” que conta **37673** visitas (no momento da redação deste relatório), sendo um *site* de referência em apontadores sobre educação em vários países do mundo, tendo sido alvo de elogios enviados por muitos,

The screenshot shows the front page of the website "Alvaro Folhas Domus". At the top, the site name is displayed in a large, bold, black font, underlined with a red line. Below the name, the date and time "Domingo, 29 de Janeiro, 2005 - 19:36" are shown. On the left side, there is a vertical navigation menu with orange buttons for "Início", "Sobre mim", "Química", "Física", "Professores", "Alunos", "Imagens", "Mapa do Site", and "Comentário". Below the menu, there is a link: "Um espaço para os Professores, ajudem-me a construí-lo". The main content area features a red header "Bem vindo ao meu site" followed by a paragraph of text. Below this, there are four red-bordered boxes: "Sobre mim..." with a small photo and a link, "Professores" with a paragraph of text, "Novidades FQ- Bloco I 11ºano" with two links, and "Alunos" with a paragraph of text.

Figura 14 - Frontispício do site Alvaro Folhas Domus

professores (alguns professores universitários) e alunos. Este sítio não versa assuntos só de Física e Química, mas também sobre metodologias de estudo, registo de apontamentos, pesquisa de informação. Apresenta ainda testes de resolução *online* (*webquests*) que corrige e classifica automaticamente. Este sítio, foi construído em 2005, a partir de outros *sites* que tinha construído anteriormente e de informação que colhi em diferentes fontes, e tinha o propósito de proporcionar um espaço que orientasse o trabalho dos alunos no seu estudo. Posteriormente, com a instalação da plataforma Moodle, deixou de se justificar investir neste sítio, não tendo sequer memória dos acessos à administração do mesmo. Apesar disso, e existindo hoje tecnologia mais interessante, continuo a receber imensos *e-mails* agradecendo a ajuda prestada.

¹⁴ <http://www.prof2000.pt/users/afolhas>

1.3 Conclusão

Já conto mais de vinte anos de serviço, tempo suficiente para perceber as profundas mudanças ocorridas nas nossas escolas, algumas das quais fundamentadas numa melhoria de competências que se enquadrassem com os desafios e necessidades da sociedade. Outras, menos felizes em minha opinião, não trouxeram uma melhoria nem da qualidade do ensino praticado e muito menos das aprendizagens com que os alunos ficam munidos.

Excetuando o ano letivo em curso, no qual o meu horário se divide entre as disciplinas de Ciências Físicas e Químicas no 10.^o ano, e Introdução às Tecnologias da Informação e Comunicação¹⁵, e o ano anterior no qual assumi Ciências Físicas e Químicas no 11.^o ano e Área de Projeto no 8.^o ano, tenho lecionado nestes últimos anos exclusivamente Ciências Físicas e Químicas ao ensino secundário, e sinto as enormes dificuldades que os alunos revelam.

A construção de competências e conhecimentos necessários à aprendizagem da Física e da Química no ensino secundário, de acordo com os objetivos da disciplina, obedece a um processo de desenvolvimento que deveria ser realizado e consolidado no 3.^o ciclo. Ora a curta carga horária da disciplina nestes anos e a periodicidade com que são distribuídas estas aulas, não permite que os alunos construam uma base sólida que alicerce as competências que lhe vão ser necessárias nos anos do secundário, nomeadamente na construção e análise de esquemas, diagramas, gráficos, construção e interpretação de textos, articulação de saberes e domínio dos aspetos elementares da matemática. Se considerarmos que um mero feriado belisca uma turma, com um bloco semanal, a passar meio mês sem a disciplina, facilmente perceberemos que o sistema carece de ajustes. Com a prevista revisão curricular esta carga será acrescida em meio bloco, pesando no entanto que a alteração ao modelo de desdobramentos irá comprometer em grande medida a possibilidade de colocar as “mãos na massa” com que se faz ciência - as atividades laboratoriais.

Posso afirmar que não serei propriamente “um velho do Restelo” que resiste à mudança. Possuo uma perspetiva romântica que me obriga a procurar novas ferramentas e soluções que aproximem o aluno ao conhecimento. Daí a informática ser uma área que tenho sempre muito próxima, não só pelo seu potencial didático-pedagógico como por ser um dos canais de

¹⁵ Foi-me solicitado lecionar estas disciplinas da área da Informática para evitar a eliminação de um horário e a dispensa de um professor da área disciplinar de Física e Química, sem prejuízo para o grupo de Informática.

comunicação mais amplamente usados pelos alunos dos nossos tempos. Entender que os nossos jovens nasceram num mundo altamente tecnológico que produziu sobre eles alteração “quase genéticas” quando comparados com gerações anteriores, deve-nos obrigar a procurar nas Novas Tecnologias “acessos” para que nos facilitem a comunicação.

Outro aspeto que retiro da minha reflexão consiste na importância em estabelecer uma relação empática, não descurando nunca a cultura de empenho e responsabilidade. Considero a Relação Pedagógica um pilar fundamental do sucesso educativo porque aproxima o aluno do conhecimento, e tem sido, ao longo destes anos, uma das principais razões pelas quais é tão importante para mim ser professor. Essa relação passa pela conquista de autoridade, em vez de autoritarismo, resultante do reconhecimento da importância do professor por parte do aluno. É sem dúvida uma tarefa difícil por si só, necessitando do recurso a catalisadores que favoreçam esse conceito, como são exemplo atividades didáticas (ou não) que envolvam a participação dos alunos em contextos que não os tradicionais, e o crédito que o professor lhes merece enquanto conhecedor dos conteúdos (competência científica) e promotor de aprendizagens (competência didática e pedagógica) e enquanto juiz nas inúmeras situações que possa ter que mediar.

Não tenho estudos que sustentem o que vou referir, mas por se tratar de uma reflexão fundamentada em todos estes anos, posso afirmar que tenho assistido a um crescente aumento de alunos com distúrbios de atenção e com hiperatividade, muitos dos quais medicados, e inúmeras queixas de professores que têm turmas do **ensino básico** que se prendem com indisciplina e falta de atenção na aula. As razões para o aumento deste tipo de problema com certeza estarão estudadas. Mas, em minha opinião, aulas de 90 minutos, mesmo para crianças sem qualquer patologia, mas na força da sua juventude, onde a vida brota de forma intempestiva, amarrados a uma cadeira durante esses longos períodos que se repetem ao longo do dia, convidam o aluno a alhear-se da aula, e a encarar a escola como um castigo que lhes é imposto, contrapondo com um conjunto de atividades muito mais aliantes e sedutoras que os rodeiam fora das paredes da sala de aula. Já no que respeita à duração de uma aula no **ensino secundário**, acho que 90 minutos será perfeitamente adequado para repescar os conceitos das aulas anteriores e partir daí para novos conceitos, em abordagens tradicionais ou seguindo abordagens construtivistas, elaborar os conceitos e resolver exercícios que os reforcem.

Por vezes dou por mim a apelar à memória dos meus tempos de aluno do secundário, e surge-me a imagem de um professor ou outro, uma aula ou outra, mas principalmente o tempo que partilhei com os meus colegas, das relações que estabeleci, dos momentos bons e dos momentos maus, percebo que foram tempos de crescimento, que tivemos folga para sermos nós e nos construirmos. Os “feriados”, termo usado no meu tempo em Coimbra para a falta de um professor à aula, era um momento áureo que nos permitia queimar energia, resolver um

qualquer trabalho de grupo, ou fazer o que melhor nos realizasse. Gostei da escola, aprendi, tive amigos, cresci e fui feliz na responsabilidade dos meus atos, porque seria punido se “pisasse o risco” e tinha que trabalhar a sério para conseguir resultados. Cresci nas aulas que tive e nas aulas que não tive. Felizmente no meu tempo foi assim.

Parte II

A Análise Digital de Vídeo e Software Exploratório no Ensino da Física

1 - Introdução

*“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.”*

Albert Einstein

1.1 Contextualização

A Física é considerada pela maioria dos alunos como uma das disciplinas que oferece maior grau de dificuldade, e os fracos resultados dos exames nacionais de Física e Química obrigam a uma reflexão profunda sobre as razões de tão baixos índices de aprendizagem, particularmente na Física, entendê-las, e encontrar mecanismos de as melhorar.

A Física, para além de se revestir de enorme importância para a literacia científica dos nossos jovens, e de potenciar competências a nível de mecanismos de pensamento, é ainda uma área do conhecimento de capital importância para os alunos que pretendem prosseguir estudos nas áreas das ciências puras e aplicadas. Contudo, a baixa carga horária desta disciplina durante todo o 3.º ciclo do ensino básico e os programas que, por serem extensos, são ministrados muitas vezes de forma superficial e inconsequente, raramente abrindo a porta da oportunidade para poder exercer a sedução aos alunos, compromete a aspiração de podermos ter um desejável número de alunos comprometidos com o conhecimento nesta disciplina.

A Física é tida por docentes e discentes como área de estudo de enorme dificuldade, o que é consubstanciado pelos paupérrimos resultados nos exames nacionais do ensino secundário, desmobilizando uma fração significativa de alunos que escolhem outras opções no décimo segundo ano, que não a Física e a Química, ainda que aspirem a prosseguir estudos nas áreas de Engenharias ou Saúde, para as quais estas disciplinas são basilares.

1.2 Identificação de problemas

Uma boa parte dos alunos encaram o estudo da Física como a manipulação de um conjunto de expressões matemáticas, cujo significado desconhecem, onde, por introdução dos dados, obtém resultados sobre os quais não têm opinião crítica.

Nas aulas de Física é recomendável que se dê ao aluno a oportunidade para exercitar seu pensamento e para descobrir relações entre grandezas físicas. Infelizmente, a rotina de muitas aulas se restringe a fazer o aluno acreditar em “fórmulas mágicas” e trabalhar mecanicamente. (Fuzer & Dohms, 2008, p 61)

Os alunos apresentam enorme dificuldade em estabelecer a relação entre as representações matemáticas dos fenômenos físicos e os fenômenos enquadrados na nossa realidade mundana e cotidiana. Um exemplo onde se manifesta essa dificuldade prende-se com a **representação e/ou interpretação de gráficos de cinemática**, particularmente quando se alteram os parâmetros no eixo das ordenadas. Estudos indicam também que os alunos muitas vezes confundem a representação gráfica do movimento com a imagem do próprio movimento (Beichner, 1994, id., 1996).

Visando contrariar o insucesso e produzir aprendizagens significativas nesta disciplina, vários autores defendem a necessidade de alteração das práticas pedagógicas no ensino da Física. A metodologia tradicional de ensino deve dar lugar a novas metodologias mais alinhadas com modelos construtivistas, socorrendo-se das tecnologias capazes de tornar mais apelativo o ensino da Física e que permitam colocar o “ênfase na compreensão qualitativa dos princípios físicos fundamentais” (Fiolhais & Trindade, 2003). A tradicional abordagem didática baseada na transmissão de conhecimentos, cuja avaliação dos alunos tem por base o que conseguem reproduzir, mais do que o que conseguem fazer com o “conhecimento”, está completamente desenquadrada com as competências e literacia científica que devemos promover nos nossos alunos.

Traditional instructional methods have been shown to be clearly inadequate in terms of promoting deep learning and long-term retention of important physics concepts. Students in traditional classrooms acquire most of their knowledge through classroom lectures and textbook reading. Good teaching involves a great deal more than simply pouring information into the heads of students. (Larkin-Hein & Zollman, sem data, p 4)

O computador é uma ferramenta à qual se reconhece elevado potencial didático, particularmente no ensino da Física. Além do efeito sedutor que proporciona relativamente à aula tradicional, permite abordagens que se ajustam à colmatação das dificuldades dos alunos, criando ambientes de aprendizagem promotores da construção do conhecimento. Como

exemplos de *software* educacional que se inscrevem nos propósitos referidos temos a Análise Digital de Vídeo (*Digital Video Analysis* ou DVA) e a Modelação em Física.

A Análise Digital de Vídeo garante um maior enfoque no fenómeno físico, a partir do qual se geram as representações gráficas associadas. Esta perspetiva visual do movimento em simultâneo com a sua representação gráfica, para além de diluir as tradicionais dificuldades encontradas na análise de gráficos, permite ao aluno, a partir dos dados colhidos no processo, elaborar um estudo do movimento e das leis que o regem.

Os trabalhos experimentais, vistos por este prisma, ganharão novas possibilidades, cujo impacto reforçará a sua compreensão e conseqüente aquisição dos conceitos, numa abordagem mais apelativa e consistente. O aluno será assim um agente ativo na construção das suas relações e significados, obrigando-se e rejeitar conceitos prévios inadequados.

Na Modelação, por seu lado, o aluno começa por definir o modelo matemático do movimento, a partir do qual vai gerar as suas múltiplas representações. Também aqui se pode estabelecer o confronto entre o movimento resultante do modelo, e os diferentes tipos de gráficos associados. Estas metodologias seguem princípios de uma aprendizagem construtivista que permitem não só aprendizagens efetivas sobre os conceitos de Física envolvidos, mas contribuem também para o desenvolvimento cognitivo do aluno e aquisição de competências várias.

A convicção de que a Análise Digital de Vídeo apresenta um enorme potencial didático no ensino da Física, capaz de colimar um conjunto de dificuldades diagnosticadas na aprendizagem desta disciplina, e de favorecer a aproximação dos alunos aos temas, legitima a sua escolha como tema central desta segunda parte do Relatório de Mestrado em Ensino da Física e da Química.

1.3 Estrutura da segunda parte do relatório

Esta parte do trabalho começa por uma Introdução que, de forma muito geral, procura contextualizar a necessidade de identificar as razões para o desinteresse e fraco desempenho dos alunos na Física, bem como de procurar estratégias com potencial para corrigir ou atenuar essas dificuldades.

O segundo capítulo explora a iliteracia científica dos nossos alunos, as dificuldades que estão na base da fraca prestação no estudo da cinemática, e as potenciais formas de as mitigar. Neste contexto, será abordada a importância das atividades laboratoriais e do recurso às novas tecnologias da informação e comunicação, com particular destaque para a aquisição e análise de dados, utilização de ambientes exploratórios (i.e., simuladores e modeladores), e a Análise Digital de Vídeo. É com base neste contexto e nas estratégias apresentadas que se desenha a fundamentação da escolha do tema do presente trabalho.

Feita a fundamentação da escolha do tema, surge naturalmente o tronco central do trabalho – A Análise Digital de Vídeo e *software* exploratório no ensino da Física. Este capítulo começa por explorar aspetos de natureza da percepção e cognição, que ilustram a vantagem no recurso às ferramentas/abordagens aqui estudadas. A escolha do *Tracker* como aplicação informática de Análise Digital de Vídeo também será aqui partilhada, realçando algumas das suas características e possibilidades.

O trabalho prossegue para um conjunto de propostas de atividades que procuram ilustrar algumas abordagens à Física com recurso a ferramentas de análise digital de vídeo e modelação.

Neste contexto, procura-se aqui explorar três vertentes distintas:

- “A Física que nos rodeia” - cujo objetivo é perceber que tudo é Física à nossa volta, e recorrendo a situações do nosso quotidiano, podemos perceber os conceitos abordados na disciplina, numa lógica construtivista, visando a maior aproximação do conceito ao real.
- “Atividades laboratoriais” – com o propósito de tirar mais partido das atividades laboratoriais do programa do 11.º ano da unidade 1 - “Movimentos na Terra e no Espaço” através da análise digital de vídeo, análise dos resultados e construção de modelos.
- “Atividades de Projeto” recorrendo a ferramentas de análise digital de vídeo, de forma a integrar aprendizagens e aplica-las em contextos desafiadores, promovendo-se deste modo o desenvolvimento do espírito científico e de aptidões para melhor compreender a ciência e intervir sobre ela.

A necessidade de uma mudança de práticas para o ensino desta disciplina impõe que se aborde também a formação de professores de Física e Química no âmbito da análise digital de vídeo e *software* exploratório. Esta abordagem contemplará os objetivos e a análise da tipologia de formação que se ajusta à necessidade de conduzir os docentes ao conhecimento e utilização destas ferramentas nas suas práticas educativas.

Por fim, serão feitas algumas considerações finais, as quais procurarão reunir os aspetos focados ao longo do trabalho.

2 – Aprendizagem e ensino das Ciências

2.1 Literacia científica dos alunos portugueses

O elevado número de reprovações a Física registados em vários países, e em diferentes níveis de ensino, é revelador das dificuldades encontradas pelos alunos na aprendizagem desta ciência (Fiolhais & Trindade, 2003). Citando Jimoyiannis & Komis, (2001, p.183) “Learning physics is often considered by teachers and students to be a difficult pursuit.”, a Física é vista pelos professores como uma disciplina difícil de ser ensinada na qual os alunos apresentam desinteresse e dificuldades de aprendizagem dos conteúdos (Alves & Stachak, 2005). “Na prática, a Física representa para o estudante, na maior parte das vezes, uma disciplina muito difícil, em que é preciso decorar fórmulas cuja origem e finalidade são desconhecidas” (Veit & Teodoro, 2002, p 88).

Este desinteresse começará por estar intimamente dependente das dificuldades que os alunos sentem por falta de competências matemáticas, o que condiciona a interpretação dos fenómenos físicos à luz dessa representação. Fiolhais & Trindade (ibid.), citando Piaget, e Champagne, Koplér & Anderson (1980), referem que aos alunos são apontados “...deficiente desenvolvimento cognitivo, deficiente preparação matemática e pré-existência de concepções relacionadas com o senso comum e não com a lógica científica.” (Champagne, Klopfer, & Anderson, 1980, p 260), acrescentando ainda que, no caso português, os alunos do ensino secundário não têm a menor vocação para a Física, o que compromete à partida as aspirações ao sucesso nesta disciplina. Fiolhais & Trindade (ibid.) referem ainda como razões para o insucesso na aprendizagem da Física a falta de meios modernos nas escolas e as metodologias de ensino usadas que são completamente desajustadas das teorias de aprendizagem mais recentes.

Como afirma Moran (2008), “muitas formas de ensinar de hoje não se justificam mais” (p.137). É prática habitual o professor fazer uma apresentação do assunto em estudo, apresentar um

conjunto de expressões matemáticas associadas ao assunto em discussão (demonstrando-as ou não), e recorrendo a elas, mostrar como se resolve um ou outro exercício de aplicação direta. Mesmo o aluno mais trabalhador, ainda que consiga estabelecer uma tipologia para os exercícios e a partir dela saber que abordagem matemática deve seguir, saberá Física? Conseguirá arranjar respostas para situações que não se configurem nos exemplos exercitados? Já em 1952, Rómulo de Carvalho satirizava sobre o Ensino da Física baseado na mera aplicação de fórmulas, escrevendo:

Calcule a quantidade de calor necessária para elevar de 20° C a temperatura de 50 g de ferro. Calor específico do ferro: 0,114». O aluno lia o enunciado, localizava o problema no capítulo correspondente da Física, percorria mentalmente a lista das «fórmulas» usadas nesse capítulo e agarrava naquela: $Q = m c \theta$. O resto estava feito: $50 \times 0,114 \times 20 = 114$. E, na maioria dos casos, assim terminava a resolução no número 114, sem mesmo lhe acrescentar qualquer símbolo de unidade, no mais completo desinteresse pelo significado físico da quantidade calculada. Estava feito o essencial: a conta. Faltava-lhe acrescentar o símbolo de caloria? Abatia-se qualquer coisa na cotação total do ponto. Tudo, não, porque o aluno fizera a «conta». Sabia a «fórmula» e sabia as regras da multiplicação. Eis tudo. (Carvalho, 1952, p. 198)

Sessenta anos depois, os procedimentos pouco se alteraram.

O cenário de profundas dificuldades na aprendizagem da Física e da Química tem conduzido os nossos alunos do ensino secundário a resultados deploráveis nos exames nacionais de Física e Química A, do 11.º ano.

Do levantamento dos resultados da primeira e segunda fase dos exames nacionais de Física e Química A, e Classificações Internas de Frequência (CIF) obtidas pelos alunos internos admitidos a exame, resulta a tabela seguinte que nos merece alguma reflexão.

Tabela 1- Resultados médios dos exames de Física e Química A, 1.ª e 2.ª fases, de 2006 a 2011 (escala de 0 a 200)

Ano	Nº de Provas		Média de Alunos Internos		Média do Total de alunos		CIF
	1.ª Fase	2.ª Fase	1.ª Fase	2.ª Fase	1.ª Fase	2.ª Fase	
2006	19931	16504	76	70	74	68	n.d.
2007	28209	25755	74,4	92,6	72,2	92,3	130
2008	33514	27274	95,8	91,4	93	92,7	127
2009	36601	30836	86,9	80,3	84	79,6	129
2010	35826	32487	85	90	81	90	130
2011	37208	38722	105	89	99	92	131

Pela análise da tabela 1¹⁶, usando como referência apenas os resultados dos alunos internos, constatamos que, numa escala de 200 pontos, estes apresentam valores de média nacional que se cifram entre 70 pontos (2.ª fase de 2006) e 105 pontos (1.ª fase de 2011), sendo este último o único resultado acima da fasquia dos 100 pontos. Estes resultados são particularmente preocupantes se atendermos que as Classificações Internas de Frequência (CIF) destes alunos rondam os 130 pontos. Estas discrepâncias que merecem reflexão têm implicado taxas de insucesso acima dos 20% (1.ª fase do exame de 2010), como refere o comunicado do Ministério de Educação¹⁷ “A taxa de reprovação nas várias disciplinas apresenta também oscilações muito pequenas em comparação com 2009. Apenas a disciplina de Física e Química A evidencia uma taxa de reprovação superior a 20%.”.

Também podemos ler no relatório de Exames de 2010¹⁸ do Gabinete de Avaliação Educacional (GAVE) relativamente à prestação dos alunos em exame, que estes evidenciaram “...falta de um raciocínio lógico-dedutivo estruturado, aliada a dificuldades na comunicação escrita, torna os itens de produção de texto, na sua maioria, itens de insucesso”. Também a nível das competências nas questões que envolvem cálculo, o supracitado documento refere “O grau de dificuldade dos itens de cálculo parece, assim, estar ligado não tanto a melhores ou piores competências de cálculo (um pouco irrelevantes nos itens que têm surgido em exame, uma vez que aqueles envolvem apenas resoluções matemáticas simples), mas antes ao estabelecimento de uma metodologia de resolução adequada”. Estas são dificuldades sistémicas nesta disciplina que resultam do desfazamento entre as competências funcionais exigidas pela disciplina e as lacunas nas aprendizagens significativas patenteadas pelos alunos e que determinam as elevadas taxas de insucesso.

O quadro acima descrito afasta uma fração significativa dos alunos da matrícula na disciplina de Física no décimo segundo ano, escolhendo outras opções que lhes proporcionem melhores classificações para acesso ao ensino superior, e não lhes oferecem o mesmo grau de

¹⁶ Tabela com resultados dos exames nacionais de Física e Química A, numa escala de 0 a 200 pontos, resultante da recolha dos elementos apresentados nos sítios *web* do Júri Nacional de Exames a partir de <http://sitio.dgisd.min-edu.pt/JNE/Paginas/relatorio.aspx> (relatórios de exames de 2006 a 2009) e nos endereços http://sitio.dgisd.min-edu.pt/JNE/Documents/Estat/2010/Resultados_ES_1F_2010.pdf,

http://www.min-edu.pt/data/Resultados_de_Exames_da_2_fase_2010.pdf respetivamente para a 1ª e 2ª Fases de 2010, e http://www.min-edu.pt/data/comunicados/enes_hmlq2011_resultados.pdf

http://www.min-edu.pt/data/comunicados/enes_hmlq2011F2_resumo.pdf para a 1ª e 2ª fase de exames de 2011. (dados consultados em 26/12/2011)

¹⁷ Análise dos resultados dos exames da 1ª fase de 2010 - Sítio do Ministério de Educação (in <http://www.min-edu.pt/index.php?s=comunicados&id=146>) (dados consultados em 26/12/2011).

¹⁸ Relatório da 1ª Fase de Exames 2010 (dados consultados em 12 de Fevereiro de 2012) - http://www.gave.min-edu.pt/np3content/?newsId=24&fileName=Exames_2010_Fase1_Ch1.pdf

dificuldade que a Física ou a Química, mesmo que aspirem a prosseguir estudos nas áreas de Engenharias ou de Saúde, para as quais estas disciplinas são basilares.

Outras provas das lacunas profundas na literacia científica podem ser também encontradas se atendermos aos fracos resultados dos nossos alunos nos sistemas de avaliação internacional em que participam, como o *Tends in International Mathematical and Science Studies* (TIMSS) e o *Programme for International Student Assessment* (PISA). Carlos Fiolhais (2011) refere que nos resultados do estudo internacional PISA 2000 (realizados por alunos de 15 anos de idade) no qual participaram 32 países, 28 dos quais membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), Portugal posicionou-se no 26.º lugar quanto à proficiência em literacia, 27.º lugar na literacia matemática e 28.º quanto à literacia científica. Em todos estes aspetos a prestação dos nossos alunos foi remetida para o fundo da tabela. De acordo com a mesma fonte, esta situação não se alterou de forma substancial em anos seguintes. No PISA 2003, num conjunto de 41 países, dos quais 30 pertencentes à OCDE, as prestações dos nossos alunos posicionaram-nos nas posições 26.^a, 27.^a e 28.^a, para as mesmas rubricas referidas acima, e no PISA 2006, em 57 países, ocupámos os lugares 31.º, 37.º e 37.º respetivamente.

Consultando os dados da OCDE relativamente a 2009¹⁹, a prestação dos alunos portugueses melhorou para a 22.^a posição, relativamente aos 34 países da OCDE, o que fez levantar vozes que sublinharam este registo como um importante êxito das políticas educativas adotadas, ao mesmo tempo que também colhia vozes críticas que invocavam outras razões, como é exemplo a não participação dos alunos dos Cursos de Educação e Formação, o que resultou num aumento da percentagem de participantes do ensino secundário em detrimento de alunos do ensino básico.

No ensino obrigatório, o Ministério da Educação tem nivelado tudo e todos por baixo. Os níveis de exigência no percurso escolar unificado tem baixado nitidamente, chegando a uma situação que muitos não hesitam em designar de 'facilitismo'. (Fiolhais, 2011, p. 58)

Qualquer que seja a análise, uma questão não deixa dúvidas: há um problema no processo de ensino-aprendizagem que compromete a literacia científica e a aquisição de conhecimentos e competências nas áreas da Física e da Química que urge resolver, sob pena de condicionar o futuro dos nossos alunos, afetando o desenvolvimento do país²⁰.

¹⁹ Dados do relatório da OCDE publicados em <http://www.pisa.oecd.org/dataoecd/34/60/46619703.pdf>.

²⁰ Afinal, segundo o pensamento de Durkheim, a educação é o meio pelo qual a sociedade renova perpetuamente as condições de sua própria existência.

2.2 Dificuldades na Aprendizagem da Cinemática

Uma característica da Física que a torna particularmente difícil para os alunos é o facto de lidar com conceitos abstractos e, em larga medida, contraintuitivos. A capacidade de abstração dos estudantes, em especial os mais novos, é reduzida. Em consequência, muitos deles não conseguem apreender a ligação da Física com a vida real. (Fiolhais & Trindade, 2003, p 260).

Esta ligação entre os conceitos da Física e os acontecimentos físicos do mundo que nos rodeia fica muitas vezes dificultada pelo sistema de crenças e intuições dos alunos sobre os fenómenos físicos na sua experiência quotidiana, que colidem com o conhecimento científico, resultando em conceções alternativas que são obstáculos à aprendizagem. Como referem Jimoyiannis & Komis (2001, p 184) “Such systems of beliefs and intuitions are usually incompatible with scientific theories and knowledge; they have been referred to as misconceptions or alternative conceptions”. Os mesmos autores referem ainda estudos que mostram que o conhecimento dos alunos consiste num pequeno número de factos e equações incapazes de interpretar os mais simples fenómenos físicos do mundo real (ibid.). Aplicar uma abordagem demasiado abstrata dos conteúdos da Física, voltada mais para a sua vertente matemática do que propriamente para o fenómeno físico, não encontra significados aos olhos do aluno, esvaziando esta disciplina de significados, para a transformar numa complexa teia de fórmulas ou representações gráficas na qual o aluno facilmente se perde.

Se há tema da Física no qual estes problemas se manifestam de forma vincada é sem dúvida a Cinemática. Jimoyiannis & Komis (2001) referem que as conceções alternativas dos alunos sobre velocidade e aceleração persistem à abordagem instrucional. Lawson e McDermott (citados por Fiolhais & Trindade, 2003) referem que não serão de estranhar as falhas na aprendizagem quando conceitos complexos e difíceis de visualizar só forem apresentados de forma visual ou textual. Mesmo o recurso a atividades laboratoriais, que têm por objetivo aproximar o conceito ao fenómeno, nem sempre se produz o reforço de aprendizagem pretendido, seja pela abordagem didática usada pelo professor, muitas vezes condicionada pela necessidade de recuperar algum atraso à planificação da disciplina, seja pelas deficientes condições laboratoriais que uma ou outra escola possa apresentar, seja ainda por impreparação ou desinteresse dos alunos que já desmobilizaram em relação à disciplina.

2.2.1 O cálculo e a conceitualização

O cálculo de grandezas físicas é um objetivo que ocupa uma parte muito significativa da lecionação desta disciplina, bem como da respetiva avaliação.

Abordar este assunto impõe a separação de dois conceitos que por vezes se misturam: **Exercício** e **Problema**. O “exercício” não apresenta um obstáculo a quem o resolve e apresenta à partida uma única solução definida e, segundo Ramirez *et al.* (citado por Leite & Esteves, 2005), baseando-se na repetição, serve para treinar competências de baixo nível cognitivo. Já o “problema” constitui um enunciado que, contrariamente ao “exercício”, representa um obstáculo ao resolvidor, começando por poder ter mais do que uma solução ou não ter solução de todo (Leitão *et al.*, 2011). De acordo com Echeverría & Pozo (citados por Peduzzi, 2008), uma dada situação configura um “problema” quando, na tentativa de a resolver, o aluno obriga-se a um processo de reflexão e de tomada de decisões sobre o caminho a seguir para chegar à solução (caso ela exista). Já um exercício recorre a uma rotina que, por força de uma prática continuada, acaba por se mecanizar, não exigindo da parte do aluno nenhuma nova “habilidade” ou conhecimento.

Se, de acordo com as fontes referidas, parece fácil assim distinguir “exercício” de “problema” devemos ter em conta que tal distinção depende das características e conhecimentos do aluno em causa. Peduzzi (2008) refere “enquanto uma determinada situação pode representar um problema genuíno para uma pessoa, para outra ele pode constituir um mero exercício” (p.230). Em qualquer dos casos, a resolução de exercício é uma tarefa que deve ser estimulada por parte do professor uma vez que esta prática desenvolve mecanismos e destrezas mentais que facilitam a interpretação e concretização de outros exercícios e problemas.

Esta perspetiva não é universal. Zilbersztajn (citado por Greca & Moreira, 2008) defende que ao resolver os problemas-tipo, os alunos aprendem a aplicar generalizações das leis físicas a contextos específicos, um processo através do qual novos problemas passam a ser encarados como casos análogos àqueles encontrados previamente. Desta forma, a sua percepção (bem como seu discurso e suas ações) vai sendo moldada de acordo com a perspetiva instalada na comunidade científica, sustentando assim que a abordagem à Física, apoiada na resolução de problemas, tem sido um dos fatores de fracasso na aprendizagem da Física. Greca & Moreira (*ibid.*), no entanto, reconhecem importância à resolução de problemas no processo de conceitualização, dado que:

moldam a percepção na medida em que são os que fornecem os elementos para a formação dos invariantes operatórios, permitindo construir a parte “oculta” do iceberg. Estes invariantes tornar-se-ão elementos determinantes da percepção, na

medida que, a partir deles, as diferentes situações serão visualizadas como semelhantes ou não. (p.11).

Segundo Vergnaud (citado por Greca & Moreira, *ibid.*), o “problema central da cognição é a conceitualização. Opondo-se à separação entre conhecimento procedimental e conhecimento declarativo, ele considera que o fator essencial da dificuldade dos estudantes com a resolução de problemas encontra-se vinculado às ‘operações de pensamento’” (p.2). Greca & Moreira (*ibid.*) referem, como exemplo, o ato de mover uma antena para sintonizar melhor a televisão não implica que nós tenhamos presente os conceitos de eletromagnetismo envolvidos. No entanto, essa realidade experimentada é fundamental para melhor entender as leis do eletromagnetismo. Este conhecimento explícito funciona como a ponta do iceberg da conceitualização.

2.2.2 Os gráficos

Um gráfico não é mais que a representação visual de um conjunto de dados numéricos. Tem o objetivo de permitir a apropriação rápida, quase imediata, da informação numérica que lhe serve de base, tendo ainda a capacidade de salientar também outras informações adicionais. Seria muito difícil, senão impossível, recolher a mesma informação por observação simples das respetivas tabelas. Beichner refere “A graph depicting a physical event allows a glimpse of trends which cannot easily be recognized in a table of the same data”(Beichner, 1993, p 4). Por este motivo, os gráficos estão presentes sempre que há necessidade de apresentar dados numéricos, qualquer que seja a área do conhecimento. Entender esta representação é por isso uma competência a adquirir pelos nossos jovens na escola.

Beichner (1994) refere que a habilidade para trabalhar com gráficos é uma competência básica de qualquer cientista, reforçando a sua importância para os professores de Física como se de uma linguagem se tratasse: “Since graphs are such efficient packages of data, they are used almost as a language by physics teachers.”, lamentando no entanto a falta do domínio do vocabulário por parte dos alunos. McDermott *et al.* referem que das muitas competências que podem ser desenvolvidas no estudo da Física, a representação e interpretação de gráficos é provavelmente uma das mais importantes (McDermott, Rosenquist, & Van Zee, 1987).

Os gráficos assumem uma enorme importância no estudo da Cinemática e Dinâmica, áreas da Física lecionadas na Unidade 1 - Movimentos na Terra e no Espaço, da disciplina de Física e Química do 11.º ano, constando dos objetivos desta unidade temática a interpretação dos gráficos de posição vs tempo, velocidade vs tempo, e aceleração vs tempo, nos diferentes movimentos em estudo, bem como a resolução de problemas por recurso à informação apresentada sob a forma de gráfico (Ministério da Educação, 2003). Constata-se a enorme

dificuldade dos nossos alunos nestas tarefas, o que a avaliar pela imensa literatura encontrada sobre o assunto, não é um problema específico do aluno português.

As referidas dificuldades sentidas pelos alunos relativamente aos gráficos não devem ser no entanto atribuídas a uma inadequada preparação matemática (McDermott et al., 1987). Vários estudos indicam que os alunos chegam ao estudo da Física dominando os conceitos básicos sobre construção de gráficos, no entanto, chegando aos gráficos de cinemática com diferentes parâmetros físicos (posição, velocidade e aceleração) em ordenada e o tempo em abcissa, as dificuldades na aplicação desses conhecimentos aparecem (Beichner, 1994). Habitualmente os alunos tendem a representar **y em função de x** em vez de **y** (ou outra variável cinemática) **em função de t** (Beichner, 1996). Segundo o mesmo autor, este erro é particularmente problemático quando o movimento é retilíneo e uniforme, ou ainda no movimento de projéteis.

Goldenberg (1988) e Clemente (1995) citados por Guimarães, Ferreira, & Roazzi, (2001) referem-se a pesquisas que evidenciam que "...estudantes normalmente interpretam gráficos tendo como referência seu formato como uma figura estática, de forma pictórica". Beichner (1994) refere sobre esta habitual confusão dos alunos, dando o exemplo no qual foi solicitada a representação gráfica da velocidade em função do tempo para uma bicicleta que desce uma montanha, outra que sobe e outra ainda numa estrada plana. Muitos dos alunos representaram gráficos retratando as encostas percorridas pela bicicleta de acordo com cada caso. Mas no caso da representação do movimento de um projétil, ambas as representações $y = f(x)$ e $y = f(t)$ resultam numa parábola, o que torna mais impercetível o erro. Provavelmente entender o gráfico como uma espécie de fotografia do movimento, será a confusão mais vulgar.

Outras confusões habituais prendem-se com o conceito de declive, quer no cálculo quando a ordenada na origem é diferente de zero, quer na análise e interpretação do gráfico. Citando Beichner, (1996): "Asked to indicate the point of maximum (or minimum) slope on a graph, students pick the place with the largest (or smallest) ordinate value, where the slope is actually zero"

Beichner (1996) refere também que quando se pede para mudar de um gráfico cinemático para outros (por exemplo, de posição para velocidade ou aceleração), a tendência dos alunos é procurar os que apresentam a mesma forma, uma vez que não vêm razões para alterar a forma só por se ter alterado uma variável no eixo vertical, e refere ainda a dificuldade em entender o significado das áreas por baixo das linhas do gráfico, não reconhecendo que o cálculo que habitualmente aplicam e a referida área são uma e a mesma coisa.

Estudos de McDermott, Rosenquist & van Zee (1986) indicam que os erros na análise de gráficos em Física estão diretamente relacionados com a inability para estabelecer a ligação

entre a representação gráfica e o assunto que ela representa. Estes autores realizaram um estudo ao longo de vários anos, envolvendo centenas de estudantes universitários, tendo neste estudo, separado as dificuldades em duas categorias: dificuldade em relacionar gráficos com os conceitos físicos e a dificuldade em relacionar os gráficos com o mundo real. Relativamente à primeira categoria, 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 citada, apesar de estarem habilitados 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.

2.3 Estratégias

Falar de “estratégias” neste momento pode soar a “soluções” quando no fundo configuram “intenções” em atenuar os problemas apresentados. Thomaz, (2008), observando a argumentação de muitos psicólogos e filósofos contemporâneos como George Kelly, refere “A aprendizagem significativa só terá lugar se o aluno se aperceber da relevância pessoal da matéria a ser aprendida” (p 361). Aprender é um ato voluntário que cabe ao aluno assumir, mas que cabe no entanto ao professor, na didática que utiliza, tornar cada assunto suficientemente estimulante ao aluno (não ao professor) que este se sinta comprometido a aprendê-la.

Meyers & Jones (citados por Larkin-Hein & Zollman, sem data, p 4) referem que “The primary purpose of teaching is to facilitate student learning. However, many traditional teaching methodologies have clearly been show to put students in the role of passive rather than active learning.”

Muitas vezes as estratégias desenhadas nos programas das disciplinas, ou sugeridas por diferentes estudos, apresentam imenso potencial mas, como se de uma peça de teatro se tratasse, mesmo um bom guião, precisa de bons atores para ser um sucesso. A forma como damos vida a uma dada atividade depende não só da temática em causa, mas também das características do professor que a dinamiza, dos alunos que dela participam, da relação pedagógica estabelecida, e de mais alguns fatores de circunstância. A mesma ferramenta pode produzir milagres num dado contexto e ser um autêntico desastre noutra contexto diferente.

“É da responsabilidade dos docentes proporcionar aos seus alunos experiências de aprendizagem eficazes, combatendo as dificuldades mais comuns e atualizando, tanto quanto possível, os instrumentos pedagógicos que utilizam.”(Fiolhais & Trindade, 2003, p 260). Adaptar os programas estabelecidos às necessidades dos alunos, criando ligações ao quotidiano (Moran, 2008), favorecem o envolvimento e compromisso do aluno com a aula. O principal objetivo numa abordagem de ensino construtivista deve incidir na tentativa de criar condições que favoreçam o compromisso ativo dos alunos com a aprendizagem e compreensão funcional da Física (Jimoyiannis & Komis, 2001). Os mesmos autores referem ainda que “(...) furthermore, such an approach should enable students to effectively apply physical concepts and principles in novel situations” (p.184).

2.3.1 As atividades laboratoriais

O trabalho experimental, quando fundamentado no conteúdo científico de referência por forma a permitir aos alunos o desenvolvimento das capacidades científicas, “...é um meio por excelência para a criação de oportunidades para o desenvolvimento, nos alunos, dessas mesmas capacidades.”(Thomaz, 2008, p 360)

O recurso às atividades experimentais assume assim particular importância, como forma de alicerçar o conhecimento da Física, como consta dos princípios orientadores da organização e da gestão curricular dos ensinos básico e secundário (Ministério da Educação, 2001), que lhe conferem carácter de obrigatoriedade e lhe atribuem 30% na avaliação da disciplina no ensino secundário. No entanto, nem sempre o recurso aos trabalhos experimentais se reflete nas aprendizagens com o impacto que era desejável. Apesar dos objetivos de cada atividade laboratorial estar estabelecida *a priori*, e serem por isso comuns às diferentes escolas, as práticas para os alcançar não o são, cabendo na designação de “trabalho prático”, atividades muito distintas (Hodson, 1998). As designações “trabalho prático”, “trabalho laboratorial” e “trabalho experimental” são usadas de forma indistinta para toda e qualquer prática que envolva a realização de atividade laboratorial (Leite, 2001).

Hodson (ibid.) propõe a reconceptualização do trabalho prático em função de três diferentes objetivos:

- Para ajudar os alunos a **aprender ciência** – adquirindo e desenvolvendo conhecimento teórico;
- Para ajudar os alunos a **aprender sobre ciência** – desenvolver uma compreensão da natureza e métodos em ciência, e um entendimento das complexas interações entre ciência, tecnologia sociedade e ambiente;

- Para permitir aos alunos **fazerem** eles próprios **ciência** – envolver o aluno e desenvolver nele aptidões na área científica e na resolução de problemas.

Segundo o mesmo autor, “Simply ‘doing practical work’ is no longer sufficient” (p. 630) (ibid), defendendo ainda que alguns dos mais importantes objetivos relativos a “aprender ciência”, “aprender sobre ciência” e “fazer ciência” podem ser alcançados sem recurso ao trabalho laboratorial convencional. Cachapuz, Malaquias, Martins, Thomaz, & Vasconcelos (1989) referem que nos ensaios laboratoriais realizados na sala de aula, não é feita a devida análise e reflexão sobre os resultados, de acordo com os aspetos teóricos e hipóteses enunciadas, constatando-se apenas que a experiência se realiza orientada para um determinado resultado já conhecido. Correia & Freire (2009) referem:

(...) os resultados experimentais a obter estão já definidos à partida pelo professor, sendo a sua obtenção assegurada por via de um procedimento experimental estruturado com esse fim pelo professor e que os alunos terão que seguir. As demonstrações, tal como as verificações, são atividades fechadas e altamente estruturadas, mas realizadas pelo professor. (p.5).

Muitas vezes, o professor não só realiza a experiência, como orienta a observação dos alunos para os aspetos que querem salientar, ficando a cargo dos alunos o seu registo e explicação (Correia & Freire, 2009). Isto contraria o pensamento de Popper para quem a experimentação científica não deve funcionar no sentido da confirmação positiva das hipóteses, mas no sentido da retificação dos erros contidos nessas hipóteses (Praia, Cachapuz, & Gil-Pérez, 2002). Esta abordagem centrada no trabalho do professor configura uma perspetiva tradicional do ensino das ciências, não dotando o aluno de conhecimentos nem de competências de análise e investigação (entre outras que se poderiam enumerar) tão importantes ao desenvolvimento científico do aluno.

Em matéria de motivação, o trabalho prático é a oportunidade do aluno colocar as “mãos-na-massa” de que é feita a ciência. Isto se encarar a atividade como um caminho para a descoberta. Este espírito construtivista tão característico das atividades experimentais cai por terra, quando a abordagem usada o reduz a uma mera tarefa pouco aliciante a realizar na aula. Temos que ter presente que, ainda que o professor possa encontrar no trabalho grande valor didático, se os alunos não o entenderem dessa forma, o objetivo não se cumpre. O trabalho experimental tem que ser desafiador, capaz de colocar o aluno a pensar, a começar pelo título que deve ter subjacente uma questão à procura de resposta. Thomaz (2008) refere que títulos do tipo -O estudo de...- , ainda que possa ser interessante para o professor, constituem uma tarefa vaga, desinteressante e pouco motivadora, até para alunos universitários, “ que os leva a seguir passo a passo um protocolo muito orientador e inibidor das suas capacidades criativas, transformando-se numa tarefa enfadonha que são obrigados a executar...” (p.362).

O trabalho experimental deve procurar mobilizar o aluno a testar o fenômeno físico, na forma em que este se apresenta na realidade, e a partir dele interpretar os desvios ao modelo teórico previsto, atendendo às condições de realização da atividade, estabelecendo uma análise crítica sobre os resultados, seja na forma de eliminar fatores de erro, seja de os reconhecer como parte integrante do processo. De outra forma, o objetivo que o preside poderá ser subvertido, não trazendo qualquer mais-valia à aprendizagem do tema em análise.

2.3.2 As Novas Tecnologias no ensino da Física

As novas tecnologias aplicadas no ensino da Física podem constituir uma ferramenta de enorme valor didático quando escolhidas com critério e usadas com ponderação e de forma estratégica. Todos reconhecemos que as novas tecnologias têm revolucionado os mais variados domínios da nossa vida, pelo que se afigura normal esperar que também no ensino cumpram esse papel.

De acordo com Fiolhais & Trindade (2003), já em 1978, Alfred Bork profetizava na conferência “Aprendizagem Interativa”, patrocinada pela *American Association of Physics Teachers*, que a principal ferramenta ao serviço da aprendizagem seria o computador. Em 1980, Seymour Papert criou o LOGO, linguagem através da qual crianças pequenas trabalhavam figuras geométricas. Os anos 90 ficaram marcados pela democratização da *World Wide Web* e consequente acesso à informação, acompanhada também pelo desenvolvimento tecnológico que permitiu que máquinas potentes de elevadas capacidades gráficas a um preço tão acessível, tenham disseminado o computador por escolas e lares. O passo seguinte foi desenvolver máquinas com cada vez maior portabilidade, como computadores portáteis e *Personal Digital Assistant* (PDA), bem como redes de internet sem fios capazes de garantir maior liberdade e autonomia, alargando o acesso à informação. O acesso generalizado da escola às Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) coloca enormes desafios à forma de ensinar e aprender Física. Esta é uma das áreas onde os computadores podem oferecer novas possibilidades didáticas (Jimoyiannis & Komis, 2001), posição também defendida por Fiolhais & Trindade, (ibid.):

A necessidade de diversificar métodos para combater o insucesso escolar, que é particularmente nítido nas ciências exatas, conduziu ao uso crescente e diversificado do computador no ensino da Física. O computador oferece atualmente várias possibilidades para ajudar a resolver os problemas de insucesso das ciências em geral e da Física em particular. (p.259).

Importa pois perceber de que forma se pode tirar partido do computador no ensino da Física, e não cair no uso de ferramentas novas em processos antigos. O computador não pode ser

limitado a “uma máquina de fornecer informação” mas sim “uma ferramenta para auxiliar a construção do conhecimento” (Veit & Teodoro, 2002).

Construtivismo

Citando Jonassen (1996), “... se as tecnologias facilitam a transmissão de instruções, elas não mudarão a natureza destas sem mudanças fundamentais nas concepções e métodos de ensino e aprendizagem” (p. 70). Há assim que redesenhar a prática docente de acordo com o real potencial do computador, enquanto ferramenta de construção cognitiva. Se o conhecimento é construído, ao invés de transmitido, então a realidade é o sentido que fazemos do mundo e do seu fenómeno (Jonassen, *ibid.*). Para Papert (citado por Fiolhais & Trindade, 2003, p. 261) deverão ser disponibilizadas aos alunos “ferramentas que viabilizem a exploração dos nutrientes cognitivos ou seja os elementos que compõem o conhecimento” não podendo deixar de lado o conhecimento que o aluno já tem. “Students do not enter the classroom with a tabula rasa” (Larkin-Hein & Zollman, *sem data*, p. 4).

É seguindo esta lógica que os construtores de software educativo, tem que desenhar os seus projetos. Assim o computador passa a assumir um potencial pedagógico capaz de possibilitar experiências de aprendizagem de acordo com as características particulares de cada aluno. De outro modo, poderiam facilmente tornar-se em mais uma extensão do ensino tradicional (Fiolhais & Trindade, *ibid.*).

A perspetiva construtivista, contrária às concepções tradicionais que viam o conhecimento como um objeto passível de ser adquirido, sustenta que o conhecimento é uma construção humana de significados, a partir dos quais são interpretados os novos fenómenos.

Teodoro (citando Resnick & Collins) aponta quatro características básicas ao processo de aprendizagem:

- 1- O pensamento e a aprendizagem dependem do conhecimento prévio. Quanto melhor estiver organizado o conhecimento prévio mais provável se torna a aprendizagem de novos conhecimentos e capacidades.
- 2- Os bons aprendizes são bons construtores de conhecimento estratégico. O conhecimento em contextos específicos tem influência determinante, mais relevante que a simples aprendizagem descontextualizada de ‘general learning skills’.
- 3- ‘Os ricos ficam mais ricos’. Os aprendizes mais ricos em conhecimentos e estratégias de aprendizagem valorizada pela escola tendem a beneficiar de novas oportunidades de conhecimento.
- 4- A construção de conhecimento demora muito tempo, muito mais tempo do que é normalmente suposto. (Teodoro, 2002, p.20-21).

O conhecimento não é meramente a informação, mas a reflexão que se faz dela. Duas pessoas nunca poderão experimentar as mesmas experiências e percepções, cada uma construirá sua própria experiência, afetada pelas experiências anteriores e que determinará a percepção das experiências seguintes. Jonassen refere que "...os alunos interpretam as informações no contexto do percurso em que as experimentam, então, o conhecimento está ancorado nos contextos nos quais eles aprendem." (ibid., p. 71). O conhecimento não é no entanto uma construção meramente pessoal (Teodoro, idem, Jonassen, idem). Dado que o Homem é um ser social, os significados são ajustados socialmente pelo grupo, moldando a percepção que temos deles.

Uma vez esboçadas as ideias gerais da aprendizagem construtivista e a sua importância para a aprendizagem significativa em ciência, contrastando com a perspectiva tradicional da escola que todos conhecemos em que o conhecimento é tido pela capacidade do aluno repetir o que ouviu do professor, a questão que se coloca é de que forma podemos fomentar a aprendizagem socorrendo-nos das novas tecnologias?

Uso do computador

A Física é uma das áreas onde as possibilidades oferecidas pelos computadores para aplicação de novas metodologias de ensino mais têm sido exploradas (Jimoyiannis & Komis, 2001). Larkin-Hein & Zollman referem que "With the advent of computers, recent decades have seen an explosion in the advances of computer-related technologies in the classroom[...] The explosion in the availability of technological tools is literally forcing physics and other science educators to change the way they teach" (Larkin-Hein & Zollman, sem data, p. 4).

São tão variadas as modalidades nas quais se pode usar o computador nos processos ensino-aprendizagem da Física, como também o são as diferentes formas de estabelecer uma classificação que os organize. Taylor (1980) (citado por Valente, 1993, p. 3) classifica o software educativo em tutor (i.e., o software que instrui o aluno), tutorado (i.e., software que permite ao aluno instruir o computador) e ferramenta (i.e., software com o qual o aluno manipula a informação).

Ainda que reconheça a importância da modalidade Multimédia, capaz de promover a livre associação de conceitos, da Realidade Virtual na visualização tridimensional de cenários que podem revelar grande potencial didático no ensino das Ciências, ou da gigantesca Internet, que congrega estes e outros mecanismos de chegar ao conhecimento, vou centrar esta rubrica apenas nas utilizações do computador que estão mais intimamente alinhadas com a exploração de gráficos, e construção de representações a partir da análise de eventos reais no contexto da Cinemática: Serão para tal abordados a aquisição e análise de dados por

computador; ambientes exploratórios através de simulação ou modelação e a Análise Digital de Vídeo.

2.3.2.1 Aquisição e Análise de Dados

Dado o carácter experimental da Física, o recurso a sensores e interfaces computacionais permitem rápidas colheitas de dados facilitando a análise do processo. Deste modo para além do maior domínio sobre a experiência, gera-se uma resposta em tempo real que permite análises rápidas da experiência (Fiolhais & Trindade, 2003).

Experiências demonstraram que a aquisição de dados em tempo real com recurso a computador (propostas de ensino MBL: “*Microcomputer-Based Laboratory*”) foram muito bem sucedidas relativamente ao desenvolvimento de capacidades de interpretação de gráficos (Araujo, Veit, & Moreira, 2004; Beichner, 1990; Thornton & Sokoloff, 1990). Estas ferramentas facilitaram processos de aprendizagem pela descoberta, baseados nas atividades experimentais. Thornton & Sokoloff (ibid.) referem “These curricula allow students to take an active role in their learning and encourage them to construct physical knowledge from observation of the physical world” (p. 858). Beichner afirma mesmo que “MBL experiments allow students to ‘see’ and, at least in kinematics exercises, ‘feel’ the connection between a physical event and its graphical representation.” (Beichner, ibid., p. 803). Admite-se que esse vínculo entre a observação do traçado do gráfico gerado por MBL pelo curso da experiência seja responsável pelo melhor desempenho verificado na já referida interpretação de gráficos. Beichner (ibid.), relativamente ao atraso de cerca de 20 segundos entre a experiência e a resposta gráfica do ranger do MBL nos ensaios de Brasell, (1987), entendeu que este poderia atenuar o impacto sobre a aprendizagem por falta de simultaneidade. Criou reproduções visuais dos ensaios de movimento sincronizados com o traçado do gráfico, tendo concluído que não eram evidentes substanciais vantagens educacionais deste método sobre o método tradicional. Descartada a relevância do efeito da justaposição entre evento-gráfico para a vantagem na interpretação dos gráficos, Beichner considerou que esta poderia resultar da interatividade entre o aluno, o evento e sua representação gráfica.

Hoje, neste contexto, pela portabilidade e autonomia, este conceito está intimamente associado à utilização das calculadoras gráficas, que podem ser ligadas a uma grande variedade de sensores via **CBL** (*Calculator Based Laboratory*), a partir do qual se recolhem os respetivos dados. “A utilização de sistemas de aquisição de dados está atualmente a generalizar-se nas várias disciplinas de ciências e a iniciar um processo de difusão na educação matemática” (V.

D. Teodoro, 1997, p 172). O aluno é estimulado a recorrer às novas calculadoras pelo seu potencial na análise e representação de gráficos resultantes deste processo de aquisição de dados.

Souza e Borba (citados por Bonafini & Claro, 2002) afirmam que a calculadora gráfica permite aos alunos durante a construção dos gráficos, a reavaliação permanente das suas hipóteses possibilitando assim, um método empírico de aprender, sustentando Dunham (1994) (de acordo com a mesma fonte) que as calculadoras gráficas podem facilitar a mudança do papel do professor e do aluno na sala de aula, resultando em um ambiente de maior interação e exploração.

2.3.2.2 *Ambientes Exploratórios*

Os Simuladores e Modeladores constituem ambientes de aprendizagem através dos quais os alunos podem manipular, explorar e experimentar objetos ou eventos (Jonassen, 2007). Estas duas abordagens didáticas (simulação e modelação) são das mais populares no ensino da Física.

Os simuladores, baseados na realidade física, permitem aos alunos alterar os parâmetros de entrada definindo assim as condições do evento e verificando a resposta do sistema simulado. A simulação também se apresenta como uma ferramenta importante quando há necessidade de abordar experiências que pela sua perigosidade, custo, dificuldade ou tempo de resposta, não sejam passíveis de realizar no laboratório escolar.

Estas ferramentas permitem assim ao aluno criar e testar hipóteses, razão pela qual configuram ambientes de aprendizagem exploratória e espaços de descoberta através dos quais "...os alunos podem aprender pela execução, ao invés de só olhar ou ouvir uma descrição de como as coisas funcionam. Então os simuladores tendem a ser mais motivadores do que as atividades de aprendizagem tradicionais" (Jonassen, *ibid.*,p.78).

A modelação vai um pouco mais longe. Mais que testar valores numa estrutura fechada como é um simulador, a modelação oferece o espaço ao aluno para desenhar a sua própria experiência. Ogborn (citado por Teodoro, 1997, p.172) refere que a criação de modelos é o início do pensamento puramente teórico sobre o funcionamento das coisas. Teodoro (1998, p. 13) afirma que: "Physical sciences are the sciences of constructing models (simplified descriptions or explanations) about the physical world".

Todo o discurso científico assenta mais em representações do que em explicações, como facilmente constatamos ao olhar um qualquer exemplo elementar de mecânica celeste, através do qual podemos estabelecer o comportamento dos astros, prever com rigor a sua posição e a dinâmica das suas interações, ainda que não explique o que é a gravitação (Veit & Teodoro, 2002).

Fiolhais & Trindade (2003) referem que “simulação” e “modelação” são dois conceitos que se separam pelo facto de a modelação colocar a tónica na programação do modelo, enquanto na simulação o modelo está escondido, indisponível ao utilizador. Os mesmos autores acrescentam ainda que um simulador pode desenvolver-se a partir de algoritmos, não tendo necessariamente que ter por base equações diferenciais. Teodoro (1997) centra a diferença entre simulação e modelação pela falta de manipulação do modelo formal do processo ou do fenómeno na simulação, enquanto na modelação é esta representação formal, através de expressões quantitativas ou qualitativas e das relações entre as variáveis que definem o processo. Contudo, a fronteira entre ambas nem sempre é clara, pelo que estes dois conceitos são muitas vezes confundidos entre si. Referindo-se ao *Modellus*²¹, aplicação concebida para a modelação em Física (e Matemática), vencedora do concurso de *software* da *American Physical Society* (1996), Teodoro aponta as possibilidades desta ferramenta na construção até de “simulações puras”, funcionando como linguagem de autor, bastando para tal proteger o acesso do aluno ao modelo, e desta forma ilustrando ao aluno a representação e não o modelo matemático que se encontra por trás dessa representação.

A modelação computacional segue a mesma orientação educativa que presidiu à concepção de Papert na criação do “LOGO”. Citada por Teodoro (1997), “...a criança é que deveria programar o computador e não o computador que deveria programar a criança” (p.176). Esta ferramenta computacional permite ao aluno não só criar representações como refazer essas mesmas representações, explorando-as nas mais variadas perspetivas. Gera-se assim uma relação de proximidade entre o aluno e o conceito que de outra forma dificilmente se construiria:

...Deste modo facilita a familiarização com estas representações, criando de certo modo uma intimidade entre aprendiz e representação, intimidade essa que muito dificilmente resulta da simples observação ocasional de equações e representações feitas pelo professor ou apresentadas nos livros. (Teodoro, 2002, p. 21)

A modelação apresenta assim como principal característica a possibilidade de construir relações e significados, numa perspetiva construtivista, contrariando as fragilidades de uma aprendizagem em Física baseada na tradicional transmissão de conhecimentos, “(...) o aluno

²¹ O *Modellus* pode ser descarregado gratuitamente em <http://modellus.fct.unl.pt/>

constrói o seu próprio conhecimento, a partir do que é capaz de fazer, inserido em contextos sociais, culturais e funcionais” (Teodoro, 1997, p. 176).

Apesar das vantagens didáticas apontadas a estas ferramentas geradoras de ambientes exploratórios, existem vozes críticas a estas metodologias no ensino da Física. Os trabalhos de Medeiros & Medeiros (2002) procuraram avaliar a relevância das animações e simulações no ensino da Física, apontando um entusiasmo excessivo ao recurso às simulações computacionais no ensino da Ciência, visto como panaceia para os problemas resultantes da perspectiva construtivista. A simplificação dos modelos/simulações também é criticada por estar desprovida de uma visão crítica que discuta a sua validade com os alunos que tendem a acreditar que a versão simplificada traduz um “espelho da realidade” (p. 4).

(...) enquanto muitos educadores conferem às simulações poderes educacionais quase miraculosos, outros tantos continuam ainda avessos às mais simples introduções da Informática no ensino da Ciência. Entre a euforia e o pânico existe, portanto, todo um campo de argumentações a ser devidamente explorado e criteriosamente examinado com o necessário rigor analítico. (Medeiros & Medeiros, 2002, p. 80)

Das várias aplicações de modelação destacamos o “Modellus”, já referida acima, aplicação de distribuição gratuita desenvolvida pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (equipa do Prof. Vítor Duarte Teodoro), particularmente por permitir a construção de experiências conceptuais sem recorrer a qualquer forma de programação, apenas da habitual representação matemática, numa interface gráfica intuitiva, facilitando o seu uso por professores, mas principalmente por alunos (Araújo *et al.*, 2004).

2.3.2.3 A Análise Digital de Vídeo

O acesso a câmaras de vídeo de baixo custo e a facilidade com que qualquer computador consegue editar e reproduzir vídeo, abre espaço a mais uma área de utilização do computador no ensino da Física – a Análise Digital de Vídeo (i.e., *Digital Video Analysis* ou DVA).

De forma muito sucinta, podemos dizer que a análise digital de vídeo é um processo que se socorre do registo em vídeo da atividade laboratorial (ou um qualquer registo de um movimento físico) contendo uma referência de escala de comprimento, sendo a escala de tempo estabelecida pelo registo de vídeo feito em tempo-real. Estabelecidas a escalas e definido o referencial, podemos marcar a posição do corpo, *frame a frame*, o que determina os respetivos tempos, estabelecendo deste modo uma tabela posição vs. tempo. A partir destes elementos podemos traçar gráficos e obter os parâmetros matemáticos associados, representativos das

grandezas físicas, analisar os resultados reais e perceber como toda a informação se articula em conjunto, tendo sempre por base o ensaio real tal como aconteceu.

Se as aulas experimentais assumem uma particular importância como forma de alicerçar o conhecimento da Física, como nos referem os princípios orientadores da organização e da gestão curricular dos ensinos básico e secundário, a sua posterior análise e apropriação de conhecimento dela decorrente, nem sempre satisfazem o propósito didático que lhe era desejável (Hodson, 1998).

A associação da análise digital de vídeo à prática experimental dá possibilidade ao aluno de fazer, ele próprio, ciência, o que acredito se manifeste no desenvolvimento de aptidões na área científica e na resolução de problemas, conforme idealizado por Hodson (ibid.). Mas esta técnica permite explorar as mais banais situações do dia-a-dia, encarando o Universo, e o nosso meio envolvente, como um enorme laboratório de Física, onde, através da análise que o aluno faz dos acontecimentos, surgem as respetivas representações e modelos, reforçando-se as ligações conceptuais entre elas. Esta ferramenta, por apresentar os diferentes gráficos em simultâneo com o respetivo evento, apresenta potencial para mitigar a dificuldade em interpretar gráficos em cinemática, tantas vezes referida por diversos investigadores.

2.4 Fundamentação para a escolha do tema

Fiolhais & Trindade (2003) referem que as causas de insucesso na aprendizagem da Física são geralmente apontadas ao uso de metodologias de ensino desajustadas das mais recentes teorias de aprendizagem, à falta de meios técnicos mais eficazes, insuficiente desenvolvimento cognitivo e deficiente formação matemática dos alunos, além das preconcepções sobre os assuntos estarem muito assentes no senso comum e não na lógica científica.

Não será de estranhar que os nossos alunos, de acordo com os relatórios do *Programme for International Student Assessment (PISA)* e do *Trends in International Mathematical and Science Studies (TIMSS)*, cuja literacia científica fica muito aquém dos seus pares da OCDE, encontrem grandes dificuldades em enfrentar uma disciplina como a Física no ensino secundário, que deles exige enorme capacidade de abstração, e a manipulação de signos para os quais não foram preparados.

Da literatura consultada podemos sublinhar algumas dificuldades características na aprendizagem da Física como a dificuldade de interpretar e trabalhar a informação em

representação gráfica em cinemática (não apenas, mas principalmente), em grande medida por não a relacionarem corretamente com o movimento que lhe está associado. Interpretar uma representação gráfica sem lhe associar uma imagem ou experiência à qual se possa estabelecer uma ligação, é um exercício de extrema dificuldade que carece de mecanismos de pensamento muito estruturados. A existência de múltiplas representações para o mesmo movimento, de acordo com os parâmetros físicos nos eixos, são geradoras de enormes confusões, como é referido por Beichner (1990, 1993, 1994). Todas estas dificuldades resultantes da ausência de referentes por parte do aluno poderão estar na base da criação da única, embora errada, representação que habitualmente associam à situação em causa - a representação pictórica, referida por vários autores.

Mas a dificuldade em visualizar os fenómenos físicos e ligar os conceitos da Física ao conhecimento quotidiano do mundo à nossa volta, impõe-se também na resolução de problemas. Segundo Veit & Teodoro (2002), "... Física representa para o estudante uma disciplina muito difícil em que é preciso decorar fórmulas cuja origem e finalidade são desconhecidas" (p. 88). Esta ausência de significados esvazia completamente qualquer possibilidade de desenvolvimento cognitivo, e desmobiliza o aluno relativamente ao tema, "não se ama o que não se conhece". A fórmula tem que surgir a partir da realidade física para assumir significado e a partir dele produzir representações. O aluno tem que mudar o referencial através do qual encara a Física. Tem que olhar e ver Física em tudo o que o rodeia, e associar-lhe as representações e significados.

Os trabalhos experimentais, entre outras vantagens que podemos acrescentar, é uma forma de levar o aluno a experienciar e registar fenómenos físicos visando a consolidação dos temas em causa. Contudo, tal como já foi referido, por vezes "os dados já estão lançados" e a experimentação resume-se a uma demonstração, por vezes já colimada de interferentes, de modo a garantir a tese pretendida. A realidade raramente funciona assim, e aquilo que pretendia ser uma estratégia para aproximar o aluno do conhecimento pode não passar de uma tarefa sem qualquer valor didático.

Promover o conhecimento na Física, face às dificuldades desta disciplina, impõe uma nova abordagem didática, orientada por princípios construtivistas, através da qual se estreitem ligações entre a realidade física e as suas representações. Deste modo passamos a estabelecer referentes capazes desmontar conceções alternativas, e construir aprendizagens significativas.

Seguindo a lógica invocada por (Fiolhais & Trindade, 2003), cabe ao docente proporcionar aos alunos experiências de aprendizagem eficazes, recorrendo aos instrumentos pedagógicos que lhes permitam combater as dificuldades. De acordo com Lawson & McDermott (citados por Fiolhais & Trindade, 2003):

(...) não serão de admirar falhas na aprendizagem se conceitos complexos e difíceis de visualizar só forem apresentados de uma forma verbal ou textual. Deviam por isso ser divulgadas e encorajadas técnicas de instrução atraentes que coloquem a ênfase na compreensão qualitativa dos princípios físicos fundamentais. (p. 260)

Apesar de reconhecer que no ensino secundário, a necessidade de cumprir o programa face ao exame final que se reveste de extrema importância para o futuro dos nossos alunos, num contexto de profundas lacunas que os mesmos apresentam, por vezes empurram os docentes à lecionação da disciplina, mais orientada para os resultados nos testes e exame do que para o conhecimento significativo. É por vezes também essa a motivação de uma boa parte dos alunos e pais. Os docentes, por receio de poderem comprometer este objetivo, reproduzem as aulas como sempre fizeram, alimentando-se das queixas habituais, enquanto se desdobram em múltiplas e exaustivas tarefas administrativas que a escola dos nossos dias nos impõe.

Tal como refere (Teodoro, 2002), a construção do conhecimento leva mais tempo do que habitualmente se supõe, e estes alunos começam muito tarde esta corrida. Contudo, o inconformismo é uma característica humana, e conduz-nos à procura de soluções.

Face à importância das dificuldades na aprendizagem de Física apresentadas, e aos princípios construtivistas que considero devam presidir à didática desta disciplina, vou explorar a Análise Digital de Vídeo como tronco central deste trabalho, por a considerar uma ferramenta didática capaz de aproximar a representação ao conceito, desmontando conceções alternativas e promovendo a compreensão e gosto por esta área disciplinar. Para tal vou socorrer-me do *Tracker*, ferramenta desenvolvida por Douglas Brown do Cabrillo College, e disponibilizada *online* gratuitamente²². Trata-se de uma excelente aplicação gráfica em Java, publicada mediante a licença GPL, que permite analisar movimentos de objetos registados em vídeos, gerando os gráficos que os caracterizam. Esta aplicação possibilita ainda o ajuste aos gráficos das representações matemáticas mais prováveis, e a criação de modelos que justapõe ao vídeo, e que nos permitem estabelecer o paralelo entre a representação real do movimento e a representação matemática em análise. Contudo, pelas razões que apresentarei oportunamente, a análise dos dados será realizada em Excel e a modelação dividir-se-á entre o recurso ao Tracker e ao Modellus.

Pelas razões didáticas já apresentadas e pelo facto das escolas portuguesas já estarem munidas dos equipamentos necessários para a utilização destas ferramentas, elegi esta área para a realização do meu estudo no contexto do Mestrado em Ensino da Física e da Química, ainda que, sem pretensões de apresentar neste trabalho a pedra da roseta para a aprendizagem da Física.

²² O *Tracker* pode ser descarregado no endereço em <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>

3 – A Análise Digital de Vídeo e software exploratório no ensino da Física

The construction of scientific and mathematical knowledge requires unambiguously clear declarative, operational and conditional specifications of abstract concepts and of the relations existing among them (Neves & Teodoro, 2010, p. 4).

A visualização de fenômenos através de técnicas como demonstrações, simulações, modelos, gráficos em tempo real e vídeo, contribuem para a compreensão de conceitos de Física por ligarem imagens aos conceitos. Cadmus, citado por Escalada (1995, p. 1) refere que “demonstrations not only allow the students to see first hand how things behave, but also provide them with visual associations that they may capture, and preserve the essence of physical phenomena more effectively than do verbal descriptions.”

As experiências laboratoriais, particularmente realizadas por alunos (“*Hands-on*”), facultam-lhe o encontro com a natureza na forma como esta existe mesmo, e não como é idealizada, oferecendo por isso oportunidades ímpares para o desenvolvimento de competências de ordem superior, necessárias para fazer “Ciência” (Escalada, 1995), particularmente quando os resultados não estão à partida orientados pelo professor (Correia & Freire, 2009). As experiências laboratoriais que proporcionam uma visualização do fenômeno envolvem o aluno num “processo ativo” de aprendizagem de ciência, descrito e defendido pela *National Science Education Standards*, (1996) que entende necessário que as atividades não seja só “*hands-on*” como também “*minds-on*” (Escalada, *ibid.*). Escalada refere ainda que, contrariamente a estas orientações, prevalece no ensino da Física a utilização de abordagens didáticas mais discursivas do que ativas, normalmente mais exigentes didaticamente e às quais estão associadas a um maior consumo de tempo.

Esta necessidade de maior eficiência e melhor gestão de tempo acaba por desaguar na necessidade de recorrer a técnicas mais expeditas e que promovam um melhor entendimento dos conceitos criando imagens e relações cognitivas. Já em 1990, a National Science Teachers Association (NSTA) na sua publicação “*Science Teachers Speak Out: The NSTA Lead Paper*

on *Science and Technology Education for the 21st Century*” apela à necessidade de integrar tecnologia computacional no ensino da ciência que torne as aprendizagens mais eficientes (Bryan, 2006).

O recurso a estratégias “*Microcomputer Based Laboratory Devices*” (MBL) que recorrem a sensores capazes de permitir a recolha e análise de dados, num formato idêntico ao usado pelos cientistas, permitem um ganho de tempo e eficiência no processo, permitindo assim maior número de ensaios e disponibilidade para análise dos resultados à luz dos conceitos físicos em jogo. Rios & Madhavan (citados por Bryan, 2006, p. 231) reforçam as vantagens do uso destes sistemas: “(...)major advantage of using interfacing equipment is the time saved when students no longer have to perform repetitive observations in which they learn no new skills”. No caso português, as calculadoras gráficas, via *Calculator-Based Ranger* (CBR), que se inscrevem neste conceito, poderiam ser usadas nas atividades laboratoriais para recolha de dados de forma mais ampla. Se atendermos que estas máquinas são obrigatórias no ensino secundário, a sua aquisição representa um esforço financeiro substancial às famílias, e no entanto não se vislumbra uma aposta clara e inequívoca por parte dos programas na sua rentabilização, apesar dos estudos de Brasell, (1987) e Thornton & Sokoloff, (1990) reconhecerem que a utilização dos processos MBL resultam numa melhoria significativa da compreensão de gráficos, e de outros aspetos qualitativos do movimento observado, comparativamente à tradicional realização de gráficos *a posteriori*. “Real-time graphing lets the student process the event and its graph simultaneously rather than sequentially” (Beichner, 1995, p. 174).

Uma forma de inovação tecnológica pode residir na conjugação entre a aquisição de dados via interface computacional e a visualização simultânea do acontecimento. Colhiam-se as vantagens referidas para o MBL com as referidas por Cadmus acerca da associação visual entre dados e fenómeno. Falamos assim da Análise Digital de Vídeo.

Se solicitarmos uma pesquisa por “*Video Analysis*” usando o *Google* obteremos uma enorme quantidade de resultados, na sua maioria associados a *websites* de empresas cujo produto é *software* para análise biomecânica e para melhorar o desempenho desportivo na prática de uma modalidade. A razão desta grande variedade é o reconhecimento da importância desta ferramenta para ganhar aquela fração de tempo que faz de um atleta, um campeão. Como é que isso é feito? O registo vídeo é fiel e objetivo, e permite situar as diferentes posições do atleta (ou do objeto) no tempo. A partir daqui é cálculo e análise do movimento. Perceber onde residem as perdas de energia, eficiência nos parâmetros usados pelo atleta para o movimento, análise biomecânica face às características físicas do atleta, e uma enorme lista de aspetos que têm interesse em termos de performance física, que não são mais do que Física aplicada ao desporto.

Beichner & Abbott referem mesmo “Videodiscs like Zollman’s *Physics of Sports* have proven to be very useful in helping students closely examine the motion of real objects.”(Beichner & Abbott, 1999, p 102).

O potencial destas ferramentas usadas em desporto de alta competição pode ser igualmente eficaz na compreensão dos processos físicos básicos, indo ao encontro de dificuldades bem conhecidas da literatura e promovendo alunos melhor apetrechados cientificamente, quer em conceitos quer em competências, mais envolvidos com a sua própria aprendizagem e capazes de eleger estas ciências como apostas de futuro. Beichner & Abbott (1999, p 101) reconhecem a sua importância na compreensão dos gráficos em Física “video-based labs (VBL) are a powerful tool for improving student understanding of one of the most difficult and important topics in physics: graphs”.

3.1 Percepção e Cognição

Para entender a importância das abordagens didáticas com recurso à análise digital de vídeo convém destacar aqui um ou outro apontamento acerca de processos de percepção e cognição, ainda que de forma superficial, para reconhecer as razões que sustentam a necessidade de mudança de práticas docentes no ensino da Física.

Face à baixa persistência da memória operativa (também chamada memória de trabalho), a apresentação simultânea do evento e respetivo gráfico facilitará a sua transferência como um todo, para a memória de longo prazo (Beichner, 1995). Perry e Obenauf (citados por Beichner, *ibid.*) sugerem que este alinhamento temporal é muito importante para o raciocínio acerca do movimento, o que, seguindo a mesma fonte, consubstancia as notas de Shuell que referem que a contiguidade (proximidade de dois eventos) está definida como uma variável fundamental que afeta os tradicionais tipos de aprendizagem. Para além da questão temporal das representações, Fleming refere a importância da visão conjunta do processo para estabelecer comparações e evidenciar o contraste, tornando mais eficiente a aprendizagem: “Display which makes criterial information salient makes learning more eficiente (...) Side-by-side placement invites comparison. Criterial information is contrasted between the two, increasing its saliency” (Fleming, 1987, pp. 244-245). Assim, a percepção errada dos alunos que encaram o gráfico como imagem do evento já referida por Beichner poderá assim ficar esclarecida pelo confronto entre gráfico e movimento.

Mayer & Anderson (citados por Beichner, 1996) à luz da teoria do duplo código sublinham que as aprendizagens verbais e visuais são muito diferentes, admitindo que a representação gráfica de dados assume características de instrução verbal, uma vez que configura uma espécie de linguagem para apresentar ideias de uma forma concisa. Beichner considera que a reprodução do movimento em vídeo garantidamente envolve uma aprendizagem visual. Assim, o uso simultâneo e síncrono destas duas representações deverá constituir um meio efetivo de aprendizagem.

Back & Layne (citados por Beichner, 1996) descobriram que animações geradas por computador produziam aprendizagens mais efetivas do que gráficos estáticos, os quais já por si eram mais vantajosos do que apenas texto.

Beichner (1996) invoca o desejo de tirar vantagem da forte resposta do sistema de percepção visual humana ao movimento de objetos, referindo que as pessoas conseguem ter a percepção da alteração da posição de pequenos objetos, mesmo que muito ligeiras e em cenários complexos.

Uma complicada rede de células nervosas da retina fornece uma enorme quantidade de informação processada mesmo antes do sinal abandonar o olho. Este estágio inicial de análise da imagem não recorre a recursos mentais como memória ou atenção. Deste modo são cognitivamente impenetráveis, não sendo influenciados por processos de alto nível. “ The net effect is that something that is moving or somehow changing is very difficult to ignore.” (Beichner, 1996, p. 4).

Brasell (citado por Beichner, 1996, id.,1995) enquanto examinava a representação gráfica em tempo-real, ao nível da percepção visual, assinalou que os movimentos no ecrã do computador podiam ser usados para orientar a atenção dos alunos para partes importantes do gráfico, particularmente quando alterações no movimento produziam alterações no respetivo gráfico. Beichner admite ainda que a conjugação entre a visualização do movimento registado em vídeo e a respetiva representação gráfica, estabelecida de forma sincronizada, pode ajudar os alunos a estabelecerem uma ligação entre ambos. Assim, como forma de tirar partido do mecanismo de enfoque de atenção e do reforço da representação conjunta e simultânea, desenvolveram o *VideoGraph* - uma aplicação que, tal como o nome sugere, apresenta o vídeo do movimento acompanhado ao lado pela representação síncrona de um gráfico cinemático relevante (Beichner, 1995).

Todos estes aspetos parecem indicar que o recurso a técnicas de análise digital de vídeo constitui uma alternativa de elevado potencial sob o ponto de vista da percepção humana, dos processos cognitivos de compreensão e interligação de conceitos, gerando sentido e solidez na informação, acompanhada por uma maior persistência na memória. Para além dos aspetos

aqui focados, podemos acrescentar os aspetos motivacionais associados à descoberta e à relação direta com o mundo real, usando ferramentas com as quais os nossos jovens tanto se identificam.

3.2 Precursor da Análise Digital de Vídeo

Já no Manual de Atividades de Física 11.º ano (Fiolhais, Valadares, Silva, & Teodoro, 1995, pp. 38–40) os autores abordam a construção de um quadro-referência do movimento a partir de fotografias sequenciais intervaladas em um segundo, ou fotografia a estroboscópica, tendo como referência uma distância conhecida, e propõem ao aluno o registo em vídeo de um movimento de uma esfera numa calha de alumínio. Ao reproduzir o vídeo, o aluno sobreporá uma folha de papel vegetal ao ecrã do televisor na qual marcará as posições da esfera em intervalos de tempo iguais (pode-se determinar este tempo contabilizando o número de *frames* que o vídeo apresenta num dado intervalo de tempo medido com cronómetro). Conhecida as escalas face às referências posição e tempo, o aluno pode medir as distâncias à escala e transportar os valores de posição e de tempo para uma tabela a partir da qual elaborará o gráfico ou calculará vários parâmetros físicos do movimento.

0	2	4	6	8	10	12	14
0,000s	0,080s	0,160s	0,240s	0,320s	0,400s	0,480s	0,560s
0,0cm	1,6cm	3,1cm	4,8cm	6,4cm	8,1cm	9,5cm	11,2cm

Figura 15 – Registos do exemplo referido (Fonte: Fiolhais, Valadares, Silva, & Teodoro (1995))

Este método, defendido por Dean Zollman (citado por Beichner, 1996, p 3) foi conhecendo novas abordagens, algumas das quais do próprio Zollman, para tirar partido das novas capacidades na utilização de vídeo nos computadores, tendo assim constituído um precursor da análise digital de vídeo.

Hoje, fazendo uso das aptidões dos computadores quanto à utilização da informação em vídeo digital, podemos ser mais céleres e precisos neste processo:

(...) method of placing an overhead transparency on a television screen and marking the locations of some object during pause and advance with a

videocassette player/recorder (VCR). Today's higher quality digital video, which increases the number of coordinate points and allows for more precise study, causes many past studies on the effectiveness of video analysis instructional methodologies to be outdated and/or obsolete" (Bryan, 2010, p. 56)

Antes da automatização do processo a morosidade do processo comprometia a análise cuidada das características do movimento (Beichner, 1996). O recurso ao registo vídeo em suporte vídeodisco que, apesar de Brungardt & Zollman (citados por Escalada, 1995) lhe terem reconhecido pouca vantagem em termos de aprendizagens na análise de gráficos de cinemática em tempo-real, Escalada (ibid.) refere que a análise de gráficos em tempo-real resultou no aumento de motivação, a discussão suscitada e a menor confusão entre gráficos velocidade em função do tempo e aceleração em função do tempo.

Durante vários anos a técnica de visualização por computador estava limitada ao vídeodisco. Os alunos escolhiam o registo pretendido, de uma bateria de registos em vídeo existente no vídeodisco, e por acesso direto, este seria carregado e disponibilizado para trabalho (Escalada, 1995).

Entretanto, os avanços da técnica na área dos equipamentos informáticos, e os baixos custos resultantes da massificação da informática resultaram numa melhoria de condições para explorar estas técnicas de forma mais abrangente. Hoje, as características dos computadores e de sistemas de captura de vídeo digital disponíveis, seja por câmara de vídeo, por telemóvel ou por *webcam*, permitem tanto ao professor como ao aluno, usarem os seus próprios registos vídeo obtidos a partir dos ensaios do laboratório, ou de situações reais do nosso quotidiano.

3.3 Software de Análise Digital de Vídeo

Arranjar uma referência inicial para a Análise Digital de Vídeo é sempre uma tarefa ingrata porque tudo integra um processo. Arrisco assim começar por dizer duas palavras sobre o *Workshop Physics*, um pacote de *software* desenvolvido pela equipa de Priscilla Laws no *Dickinson College*. Este pacote de *software* tinha sido desenvolvido para formação inicial no curso de Física e através dele os alunos desenvolviam competências em Física sem recurso a aulas formais ou trabalhos laboratoriais. Este pacote disponibilizava, através de uma rede de computadores para uso dos alunos, um conjunto de ferramentas para aquisição de dados, visualização de representações gráficas, análise e modelação. Este curso incluía quatro

módulos, os dois primeiros recaiam sobre Mecânica Clássica, o terceiro módulo incidia nos conceitos de calor, temperatura e Física nuclear e o quarto módulo abordava eletricidade e magnetismo²³.

Quando analisados os efeitos do *Workshop Physics* sobre as aprendizagens dos alunos, Laws (citada por Escalada, 1995) registou uma significativa melhoria no domínio conceptual dos temas referidos nos módulos.

Esta ferramenta recorria a vídeos gravados em videodiscos ou a cassetes gravadas pelos alunos e usava uma metodologia de recolha de dados semelhante à usada pelo MBL (Escalada, 1995).

Hoje temos no mercado uma variedade de software de análise digital de vídeo de baixo custo, como são exemplos os programas *VideoPoint*, *Physics Toolkit* (formalmente conhecido como *World-in-Motion*), *Measurement-in-motion* e *LoggerPro* (da empresa *Vernier*, que também é responsável pelo desenvolvimento de sensores, nomeadamente alguns para utilização das calculadoras gráficas Texas Instruments). Podemos também encontrar *software* de distribuição gratuita como são exemplos o *DataPoint* e o *Tracker* (*software* que recorri para a elaboração da componente prática presente neste relatório). Todas estas aplicações têm um denominador comum: basicamente servem como meio efetivo de recolha de dados, análise e elaboração de representações sobre o movimento presente no vídeo, dependendo de caso para caso de mais algumas funcionalidades que podem ser utilizadas como modelação integrada e definição de novas funções físicas além das previstas de base (Bryan, 2006).

3.4 Vantagens da Análise Digital de Vídeo

Já foi referida a importância do MBL na aprendizagem da Física ao nível da compreensão de gráficos e de outros aspetos qualitativos do movimento, podendo entender-se por isso que a análise digital de vídeo não representaria um valor acrescentado à metodologia baseada em sensores referida. Contudo Bryan (2006) reconhece à análise digital de vídeo seis importantes vantagens sobre a metodologia MBL:

²³ Informação colhida no *website* do *Workshop Physics* do *Dickinson College* disponível em http://physics.dickinson.edu/~abp_web/abp_Suite.html#WP

- a) Permite o estudo de movimentos que se desenvolvem em duas dimensões (x e y) como por exemplo movimento de projéteis;
- b) Não apresenta limitações de distância;
- c) Podemos ter mais do que um objeto em análise permitindo comparações e estudos muito interessantes;
- d) Não carece de uma panóplia de cabos e sensores (que por vezes constituem limitações ao próprio trabalho);
- e) A maior parte dos programas permite explorar múltiplas representações do fenómeno (diferentes gráficos, tabelas de dados, representação matemática, vídeo registado do movimento) organizadas lado-a-lado na mesma janela do computador (ver figura 16) contrastando com o pouco estimulante ecrã resultante do CBR da calculadora;
- f) Tudo o que for capturado no filme é passível de análise, seja no momento ou no futuro.

Às vantagens referidas por Joel Bryan, acrescentaria ainda a enorme facilidade com que se aprende a utilizar estas aplicações informáticas e o baixo custo dos recursos técnicos necessários. Podemos dizer que a grande maioria de professores e alunos já possuem a tecnologia necessária para desenvolver estudos cinemáticos de elevado interesse didático.

Usando um critério mais abrangente, Laws & Pfister (1998) referem como principais vantagens da análise digital de vídeo por recurso ao computador:

- a) **A facilidade de uso:** este aspeto é ainda acompanhado pela facto de esta facilidade de colher dados tornar o trabalho menos fastidioso permitindo ao aluno maior enfoque na atividade.
- b) **A baixa incerteza relativa:** grande parte das medidas efetuadas por análise digital de vídeo apresentam menor incerteza relativa que outros métodos tradicionais de medida em laboratórios escolares. Este aspeto entende-se se considerarmos que a medida é avaliada em pixéis (um pixel é a menor porção de uma imagem, corresponde a um ponto) Mesmo numa imagem de 320 pixéis de comprimento por 240 de altura (referência dada pela autora), um **erro** da posição em cerca de 3 pixéis constitui uma **incerteza** de cerca de 1% apenas.
- c) A grande **variedade de vídeos** que podemos utilizar para estudo vai muito para além da oferta do nosso laboratório. Podemos assim recorrer a lançamentos de espaciais, eventos desportivos, cenas de filmes e até desenhos animados. Os autores referem as capacidades do *VideoPoint* (aplicação que Laws é coautora) em relação a acertos de perspetiva na imagem, *zoom*, *panning*, etc.
- d) Muitos programas de análise digital de vídeo permitem ainda **determinar o centro de massa** de um sistema de objetos (ou objeto não rígido) baseado na representatividade das massas individuais em relação à massa do sistema. Esta facilidade possibilita o uso da análise digital de vídeo em estudos do movimento humano (quer o *VideoPoint*

quer o *VideoGraph* dispõem já de dados percentuais tipificados para cada parte do corpo seja de um atleta do sexo masculino ou do sexo feminino).

A estas vantagens referidas por Priscilla Laws, usando como referência o *VideoPoint* e *VideoGraph*, poderia acrescentar mais algumas vantagens pontuais presentes em aplicações como o *Tracker*, como sejam a capacidade de mostrar representação vetorial associada a alguns parâmetros cinemáticos, criação e justaposição de modelos matemáticos ao vídeo para comparação entre o real e a representação formal que estabelecemos através da sua representação matemática.

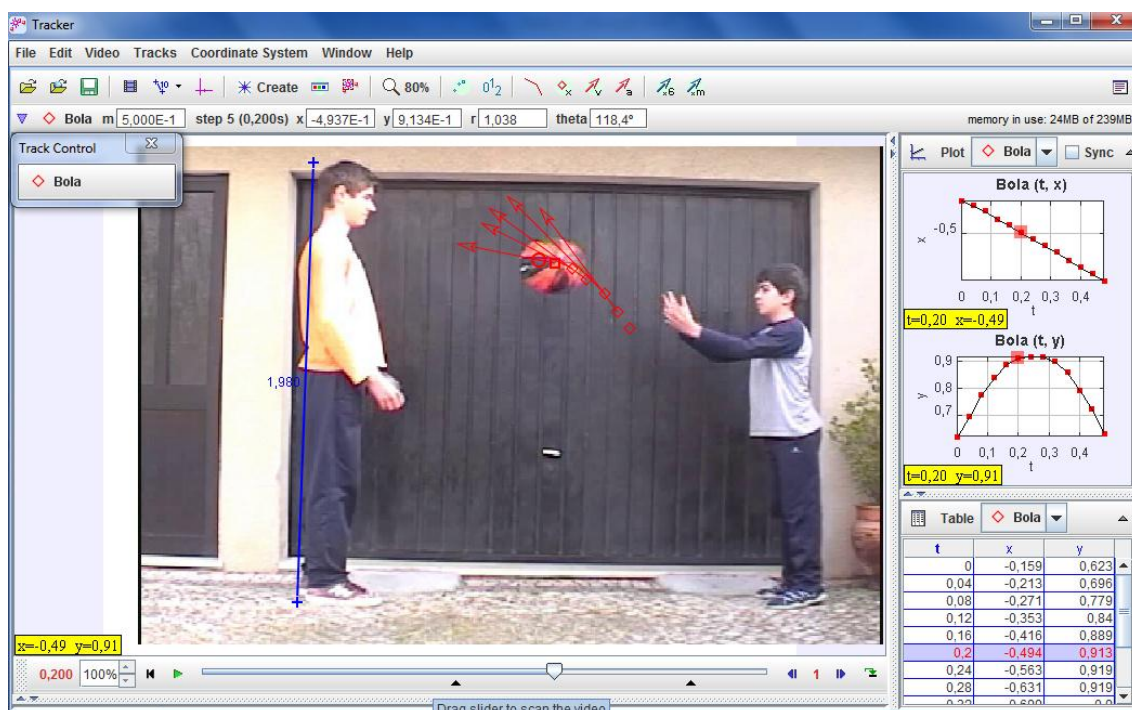


Figura 16 – *Tracker* evidenciando as múltiplas representações e a respetiva simultaneidade.

3.5 O Tracker

O *Tracker* é uma aplicação gratuita de análise digital de vídeo e modelação desenvolvida por Douglas Brown, de Cabrillo College, no quadro das aplicações Java da “*Open Source Physics*” (OSP) para utilização no ensino da Física. Compreende versões para os sistemas operativos Windows, Mac OS X e Linux, e encontra-se disponível gratuitamente na internet em <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>. Esta ferramenta permite abordagens a diferentes

áreas da Física como sejam a espectroscopia, ótica e a mecânica, podendo também ser descarregados do site referido uma variedade de exemplos de vídeos sobre os temas citados, passíveis de serem explorados através desta aplicação.

3.5.1 Colheita de dados e representação

O *Tracker*, enquanto ferramenta de análise digital de vídeo (DVA) aplicada neste caso à cinemática, permite a interpretação de uma sequência de vídeo, na qual se estabelece o referencial pretendido e uma referência de distância. Define-se o objeto e estabelece-se a fração do vídeo que interessa à análise do movimento. A partir deste momento podemos solicitar a marcação automática da posição do objeto ao longo do tempo, ou faremos nós essa mesma marcação *frame a frame*.

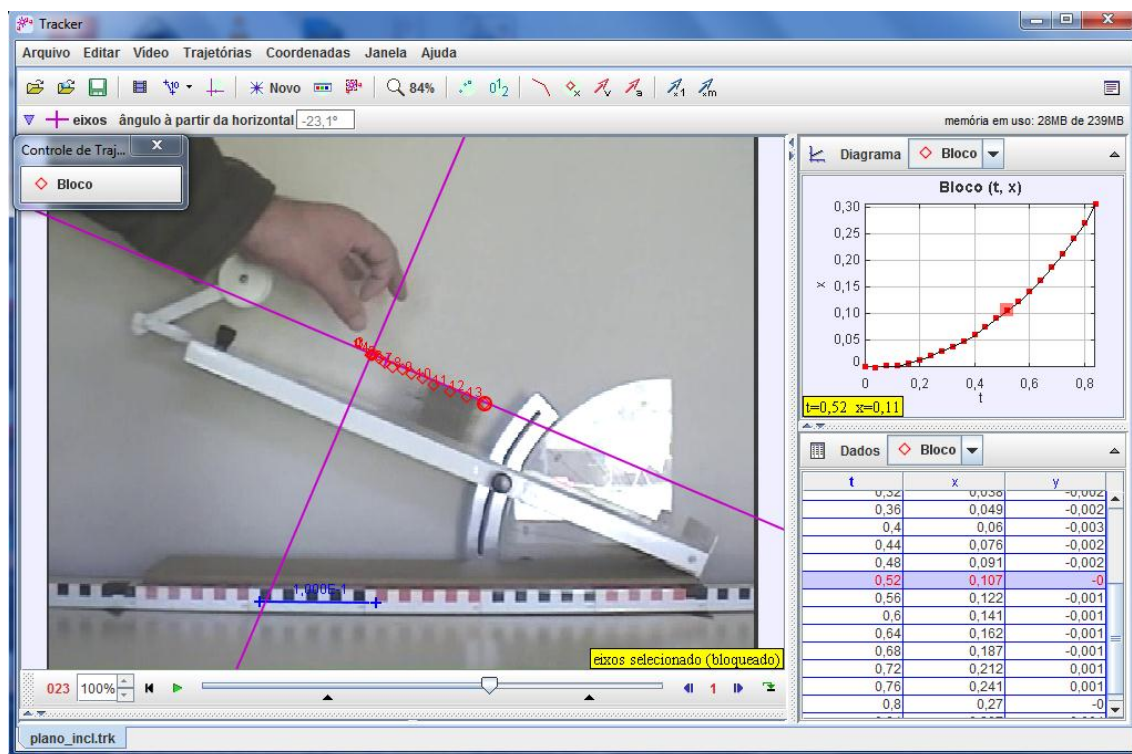


Figura 17 – Ambiente gráfico do *Tracker* evidenciando o referencial e escala.

Concluído o processo teremos uma tabela de posições em função do tempo (a partir das quais podemos solicitar a apresentação de outros parâmetros físicos), e o gráfico ou gráficos (até um máximo de 3 em simultâneo) que ilustram essas mesmas posições (ou parâmetros).

O potencial didático até este ponto já se revela interessante por permitir estabelecer ligações cognitivas entre a posição do objeto na imagem apresentada de forma simultânea e síncrona

com o(s) respetivo(s) gráfico(s). Permite ainda desmistificar o conceito do gráfico como imagem do movimento referido por Beichner, como está bem patente na Figura 17.

3.5.2 Análise de Dados

Usando o exemplo do plano inclinado da Figura 17, poder-se-ia realizar a análise dos dados diretamente no *Tracker* socorrendo-nos da ferramenta *Data Tool*. Esta ferramenta apresenta-nos o gráfico ativo e permite fazer o ajuste (*Fit*) da representação matemática mais concordante com o conjunto de pontos apresentado (Reta, Parábola, Cúbica, Gaussiana, Exponencial e Sinusoidal). O *Data Tool* estabelece assim os parâmetros da representação matemática mais provável, os quais facilmente os alunos ajustarão aos respetivos parâmetros físicos da equação do movimento (neste caso em concreto).

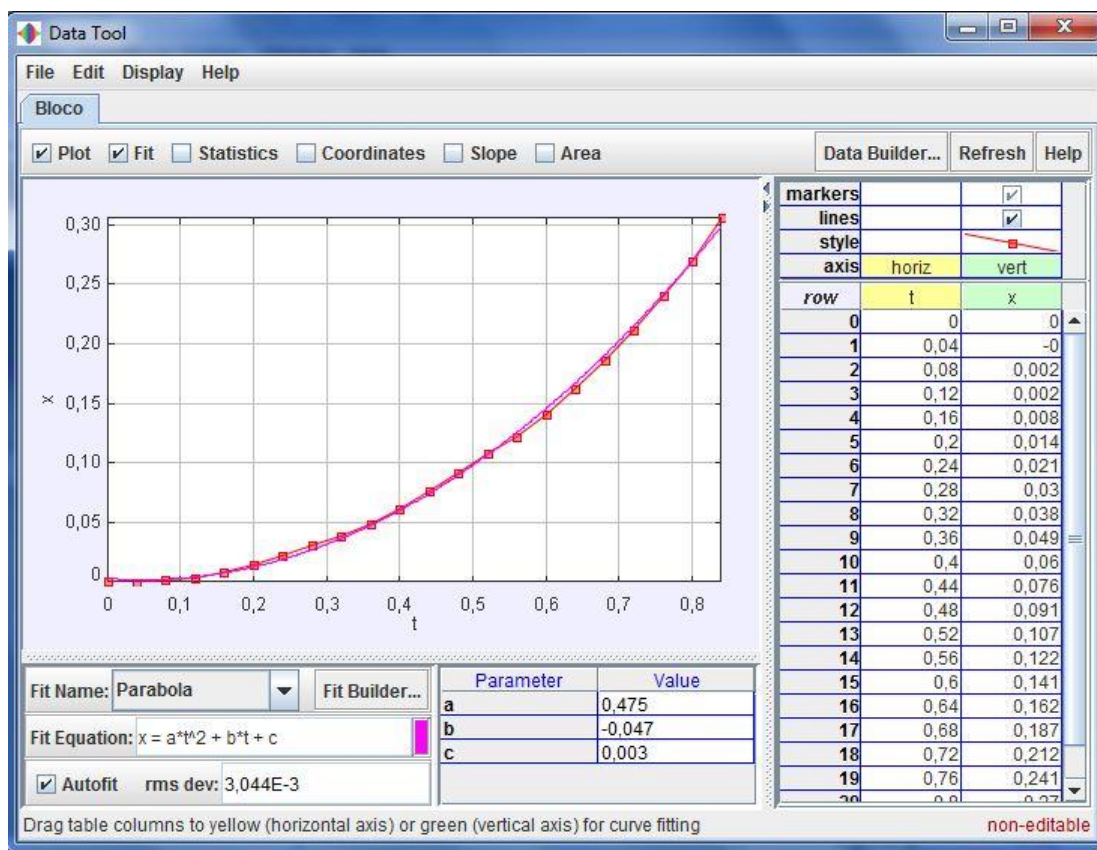


Figura 18 - Ambiente gráfico do *Data Tool* com parâmetros da parábola (neste caso).

Esta ferramenta apresenta ainda algumas possibilidades que poderão revelar-se úteis como seja permitir a análise parcial de um conjunto de pontos, ajustada a uma função, e outro conjunto a uma função diferente; apresentação de alguns parâmetros estatísticos; o

determinação do declive da tangente ao ponto ou até a determinação do valor da área definida pelo gráfico.

3.5.3 Modelação

Uma vez estabelecida a representação matemática do movimento, o *Tracker* permite ainda a aplicação do modelo diretamente sobre as *frames* do vídeo partilhando o mesmo referencial de tempo e sistema de coordenadas, permitindo ao aluno testar o desempenho do modelo matemático por comparação com o registo real. Brown refere sobre a modelação no *Tracker* que os vídeos dão vida aos modelos enquanto os modelos oferecem aos vídeos um termo de comparação quer no plano do movimento quer na sua representação gráfica (Douglas Brown, 2011).

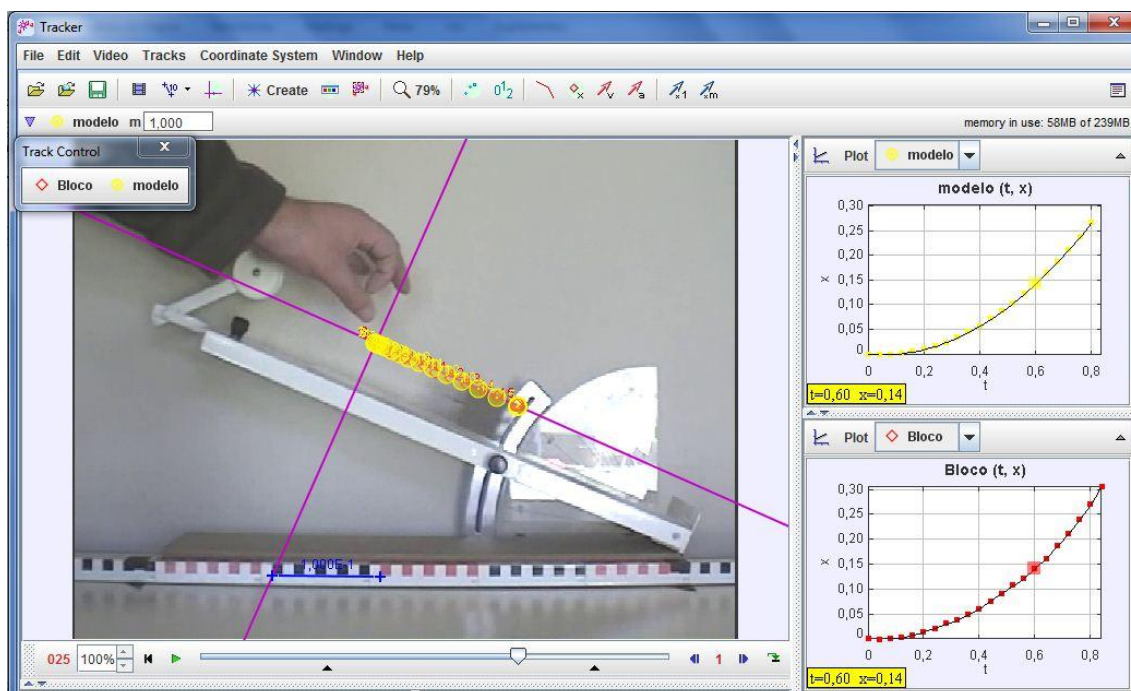


Figura 19 - Representação do modelo (amarelo) em comparação com o real.

O *Tracker* define dois tipos básicos de modelos: modelos Analíticos e Dinâmicos.

O modelo analítico permite definir as equações do movimento para x e y , o intervalo entre *frames* e o tempo inicial, de modo a desenhar a partícula no vídeo de acordo com o referencial estabelecido pelo utilizador. Brown salienta que esta ferramenta ajuda os alunos a estabelecer ligações entre o movimento da partícula e a sua descrição matemática, a ler gráficos e estimar condições iniciais e a comparar os modelos com o mundo real, percebendo que só em casos

muito particulares as soluções analíticas acompanham efetivamente a representação real (Douglas Brown, 2011).

O modelo dinâmico afere o comportamento do móvel segundo as leis da dinâmica newtoniana. O aluno define as expressões das forças aplicadas segundo x e y (no referencial estabelecido), os valores dos parâmetros e as condições iniciais, e, tal como no anterior modelo, dar-se-á a representação do modelo sobre o vídeo, e respetivas tabelas e gráficos.

3.5.4 *Captura de Vídeo*

Como nos é referido por Leitão, Dorneles Teixeira, & Saraiva da Rocha, (2011, p 22): “Dependendo do propósito de nossa análise precisamos contar com ótimos recursos de captura de vídeo ou simplesmente um celular com câmara”. Se precisar de estudar um movimento não muito rápido de um objeto de dimensões razoáveis, como uma bola num lançamento a um cesto de basquete, provavelmente uma câmara *web* será o suficiente. Já um movimento rápido, principalmente num corpo de dimensões muito pequenas, precisará de uma câmara mais sensível que registre um maior número de *frames* por segundo, de modo a garantir que a imagem resultante não se apresente esborrada e indefinida que não permita reconhecer-lhe os contornos, evitando erros de análise superiores ao habitual nesta técnica.

Em qualquer dos casos, alguns cuidados devem ser assegurados para que o vídeo registado tenha as melhores características para a análise digital de vídeo. A luminosidade é um aspeto de enorme importância para a qualidade do registo vídeo, bem como procurar um bom contraste entre o objeto e o fundo, de modo a pronunciar ao máximo o objeto no seu movimento. As sombras são também elementos a serem evitados de modo a não interferir na definição do objeto.

A posição da câmara em relação ao plano do movimento é um dos aspetos que oferece por vezes maiores dificuldades mas que importa acautelar. Se o plano da cena não for perpendicular ao plano da lente, o movimento resultará em perspectiva e, embora o *Tracker* tenha funcionalidades que permitem atenuar este efeito, ele deverá ser evitado na origem para garantir maior eficiência ao processo.

Saliento ainda mais uma sugestão relativa ao enquadramento. O movimento deve estar contido nos limites da cena e a câmara tem obrigatoriamente que estar parada. Se a câmara se mover estaremos a juntar ao movimento em estudo, o movimento da câmara, comprometendo completamente a possibilidade de utilização da cena para este fim. Assim, o recurso a um tripé e um comando de controlo da câmara de vídeo seriam soluções adequadas ao objetivo proposto.

Após a apresentação destas recomendações sobre a recolha de vídeos com características desejáveis à sua utilização neste *software*, há que referir que o *Tracker* dispõe de uma coleção de filtros que permitem rodar, redimensionar ou ajustar a perspetiva das *frames* do vídeo, bem como ajustar brilho, contraste, cor entre muitos outros, de modo a viabilizar tanto quanto possível a utilização desta ferramenta sobre vídeos disponíveis.

Podemos encontrar, tanto no *site* oficial do “*Tracker*” como no *site* da “*Open Source Physics*”, informação variada e artigos que ilustram abordagens à exploração de alguns assuntos por recurso ao *Tracker*, assim como coleções de vídeos e recursos, também eles de utilização gratuita.

3.6 Síntese

Beichner (1995) refere que a apresentação simultânea do gráfico com o respetivo evento favorece a transferência da informação como um todo, da memória operativa para a memória de longo prazo. A visão conjunta permite estabelecer comparações e reforçar aprendizagens e ligações cognitivas entre eles.

A presença do movimento, através do recurso ao vídeo, permite uma melhor acuidade do sistema de percepção humana, tornando-a mais sensível a pequenas alterações e independente dos processos de alto nível que muitas vezes adulteram a forma como incorporamos a informação.

A análise digital de vídeo já tinha merecido a atenção no passado, quando a tecnologia para o efeito se limitava aos videogravadores e/ou aos videodiscos, que, embora a técnica fosse funcional, apresentava mais limitações e menos potencial didático quando comparado com os atuais meios digitais proporcionados pelo computador e pelo *software* de análise digital de vídeo.

O *Tracker* apresenta um enorme potencial didático para a compreensão das representações gráficas associadas aos movimentos, aproximando os conceitos abstratos da realidade física. A facilidade de utilização desta ferramenta deixa perceber que a mesma se encontra ao alcance dos alunos para utilização no desenvolvimento de pequenos projetos de trabalho, permitindo por isso uma nova abordagem ao estudo tradicional da cinemática através da qual poderiam alicerçar o seu próprio conhecimento, e construir uma aprendizagem significativa,

reforçando a construção de um conjunto de competências funcionais e científicas que se procura num aluno de Ciências.

4 – Propostas de atividades

4.1 Introdução

A Análise Digital de Vídeo representa uma das mais recentes e poderosas inovações tecnológicas para o ensino da Física, embora não existam estudos atualizados sobre a sua eficácia pedagógica. Os estudos realizados sobre a utilização da tecnologia vídeo analógica no ensino da Física estão completamente ultrapassados face às novas potencialidades dos computadores em processar informação vídeo, resultando assim novas potencialidades didáticas no ensino da Física. Segundo Bryan, “Many of the studies on the effectiveness of real-time and delayed-time graphing from the past 20 years will need to be replicated in order to see whether, and/or how recent technological advances have influenced the value of this instructional method.” (Bryan, 2010, pp. 56–57).

A Modelação permite ao aluno dar vida às expressões matemáticas oferecendo assim uma compreensão mais profunda dos significados e das representações, razão pela qual configuram ambientes de aprendizagem exploratória e espaços de descoberta ímpares. O aluno ao dominar o modelo, terá mais facilidade em dominar o conceito, quer no plano teórico quer no plano funcional.

A conjugação destas duas abordagens permitirá ao aluno visualizar, compreender e criar Física a partir de situações reais, possibilitando-lhe não só a apropriação dos conceitos, mas o desenvolvimento de métodos de investigação e análise, e autonomia na sua própria descoberta.

Neste capítulo procurar-se-ão desenhar algumas sugestões de trabalho recorrendo à análise digital de vídeo, ao tratamento de dados e à utilização da modelação orientadas para a primeira unidade didática do programa de Física do 11.º ano.

Assim, abordar-se-á:

- Uma primeira sugestão consiste em usar o mundo que nos rodeia como um enorme laboratório de física, através do qual se procura estabelecer relações e significados entre os eventos físicos e as suas representações abstratas;

- A segunda sugestão incidirá na análise dos trabalhos práticos da Unidade Didática 1 – “Movimentos na Terra e no Espaço” do programa de Física do 11.º ano, abordados a partir da análise digital de vídeo e criação de modelos, de forma a reforçar os objetivos de cada trabalho, consolidando os conceitos associados;
- A terceira sugestão tem um alcance maior e está orientada para os alunos que se revejam na Ciência, e que adiram a pequenos projetos de Clubes de Ciência através dos quais reforçarão competências várias no estudo das Ciências.

As abordagens a este trabalho vão recorrer a três ferramentas: O **Tracker**, o **Excel** e o **Modellus**.

O **Tracker**, irá ser usado para recolha de dados e visualização simultânea das diferentes representações gráficas dos movimentos, criando desta forma tabelas de dados a serem explorados posteriormente no Excel. O tratamento dos dados **tempos** e **posições** em **Excel**, obrigam o aluno à reflexão e análise acerca da modo de concretizar os parâmetros físicos envolvidos no movimento, podendo promover um reforço na assimilação dos conceitos a um nível mais elevado.

A criação de modelos com o **Tracker** permite justapor ao vídeo do movimento o(s) modelo(s) que se entendam desejáveis para a satisfação dos objetivos de um dado trabalho. Contudo, a exploração autónoma de modelos, sem a presença do vídeo, poderá também revelar-se importante pelo maior nível de abstração envolvida. Neste contexto, o **Modellus**, pela excelente interface gráfica que apresenta, e pela facilidade de utilização, que não exige a necessidade de recorrer a qualquer forma de programação, será uma ferramenta extremamente valiosa, particularmente para animar modelos cujos movimentos obedeçam a condições.

Nos exemplos colocados ao longo deste trabalho, todo o formulário apresentado encontra-se referenciado no Sistema Internacional, pelo que se dispensa essa indicação.

4.2 Sugestão 1: A Física que nos rodeia

A primeira sugestão de trabalho recorre a uma situação de queda de um corpo. Um dos exemplos que, por ser dos mais simples e correntes, permitirá ilustrar as potencialidades da abordagem.

Registado o vídeo, mediu-se também uma referência espacial, neste caso a altura do jovem que larga a bola cujo valor é 1,88 metros, e a massa da bola de valor 0,308 kg.

4.2.1 Tracker

Transferido o vídeo para o computador, e aberto no *Tracker*, estabelecem-se as *frames* inicial e final que definem o fragmento de vídeo sujeito a análise, o referencial cartesiano centrado no corpo no momento inicial (se assim interessar), e o bastão de calibração a definir a altura do jovem, a qual teremos que acertar para o valor de 1,88 (neste caso). Ficam assim estabelecidas as referências para o cenário em estudo.

Definem-se agora as posições do ponto de massa (por tratar-se de um corpo rígido) através da marcação, automática ou manual, do objeto ao longo da sua trajetória.

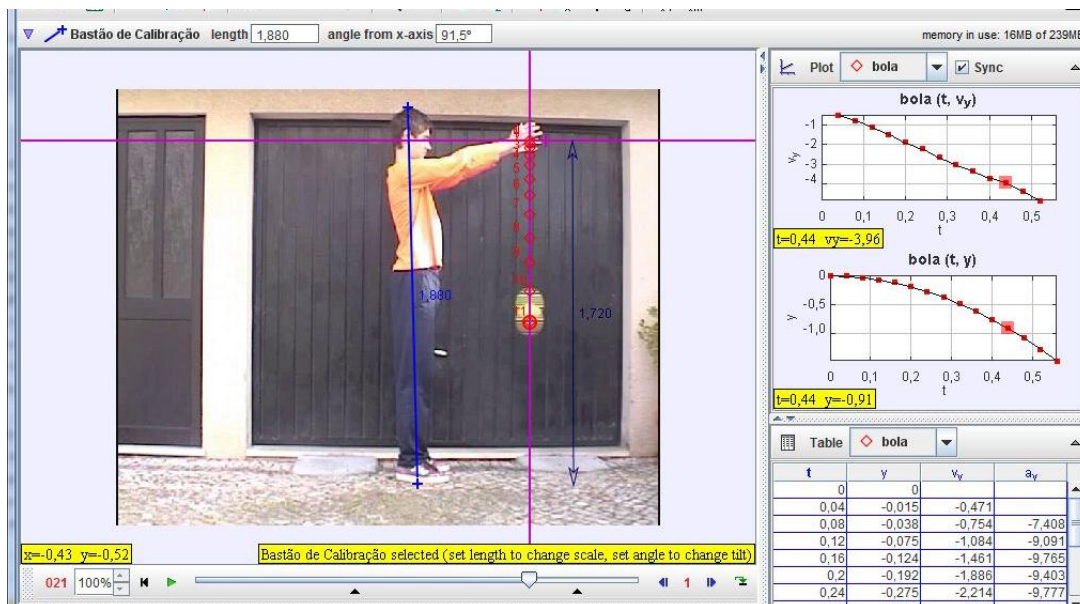


Figura 20 - Ecrã do *Tracker* ilustrando a análise do movimento da queda da bola.

Concluída essa tarefa, o *Tracker* disponibilizará a tabela dados e o(s) respetivo(s) gráfico(s), podendo neste momento fazer-se correr o vídeo e, ponto-a-ponto, comparar a posição real com a resposta gráfica produzida, como forma de estabelecer ligações cognitivas entre o evento e as suas múltiplas representações gráficas (ver Figura 20).

Para além de podermos usar este espaço para clarificar as confusões habituais entre diferentes representações gráficas e o movimento real, bem como destas entre si, podemos ainda explorar este ambiente de variadas formas como sejam a visualização dos vetores velocidade e/ou aceleração ao longo da trajetória, ou obtenção da distância percorrida.

4.2.2 Excel

Procurando evitar a utilização “*all-in-one*” do *Tracker*, com vista a obrigar à exploração dos conceitos de Física pelo aluno, a abordagem sugerida consiste na exportação apenas dos dados tempo e posição (y no presente caso) da tabela do *Tracker* para a folha de cálculo do Excel.

A componente vertical da velocidade pode ser definida como $v_y = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{y_f - y_i}{t_f - t_i}$.

Ou seja, para cada instante determina-se a razão entre a diferença das posições seguinte e anterior e a respetiva diferença entre os tempos seguinte e anterior. Em concreto, podemos determinar os valores da velocidade em y para a célula **D6** aplicando a fórmula de cálculo: **=(C7-C5)/(B7-B5)**, replicando-a para as posições seguintes até à posição **D17** (de acordo com os endereços das células representadas na Figura 21).

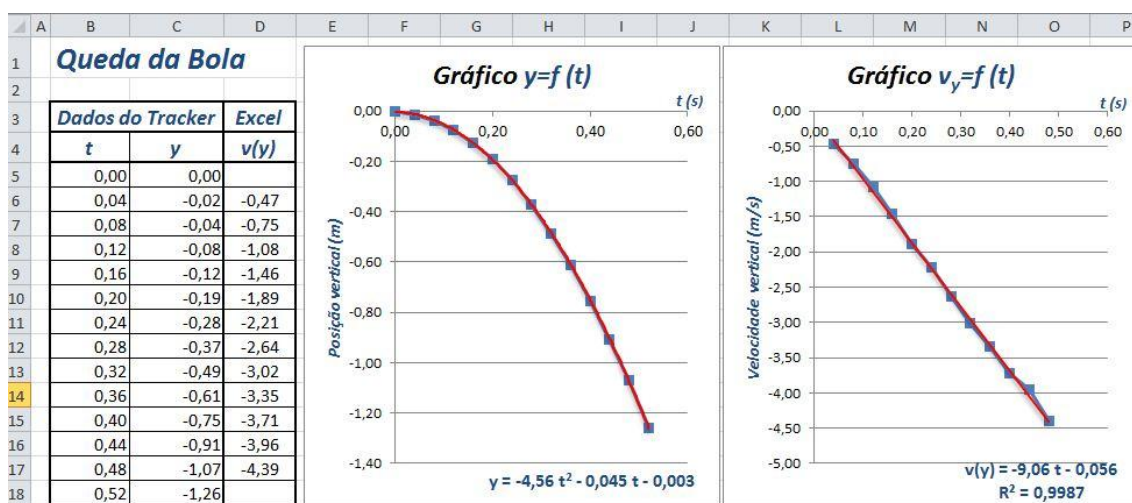


Figura 21 - Tabela e gráficos realizados em Excel para o movimento referido.

Aplicando linhas de tendência aos gráficos, polinomial para o ajuste à parábola do gráfico $y = f(t)$, e linear para o ajuste à reta do gráfico $v_y = f(t)$, solicitando em ambos os casos a apresentação das respectivas equações, teremos, de forma simples, o movimento descrito pelas equações:

$$y = -0,003 - 0,045 t + \frac{1}{2}(-9,12) t^2$$

$$v_y = -0,056 - 9,06 t$$

Outra das vantagens de realizarmos a análise dos dados via Excel, prende-se com a liberdade que proporciona, permitindo utilizar processos alternativos, seja por questões de maior exatidão científica, seja por exploração didática de novas abordagens à resolução do problema.

No presente caso, das equações que melhor se ajustam ao conjunto de pontos do ensaio, resultam valores de velocidade inicial que, embora de valor pouco significativo, leva-nos a considerar uma forma alternativa de determinação da equação do movimento que aproxime a velocidade inicial ao seu valor real (zero). Assim, criando uma coluna preenchida com os valores de t^2 , passamos a representar $y = f(t^2)$, e a anterior parábola transformar-se-á na reta $y = -4,717 t^2$ (desprezando o termo independente). Uma vez que a lei do movimento, nas circunstâncias apresentadas, será $y = \frac{1}{2} a t^2$, obteremos para valor da componente vertical da aceleração:

$$a = -9,433 \text{ m/s}^2$$

Queda Livre

Dados do Tracker		Excel	
t	y	t ²	Y _{modelo}
0,00	0	0,00	0,000
0,04	-0,015	0,00	-0,008
0,08	-0,038	0,01	-0,030
0,12	-0,077	0,01	-0,068
0,16	-0,127	0,03	-0,121
0,20	-0,196	0,04	-0,189
0,24	-0,280	0,06	-0,272
0,28	-0,380	0,08	-0,370
0,32	-0,495	0,10	-0,483
0,36	-0,621	0,13	-0,611
0,40	-0,767	0,16	-0,755
0,44	-0,925	0,19	-0,913
0,48	-1,089	0,23	-1,087
0,52	-1,281	0,27	-1,275
0,56	-1,485	0,31	-1,479

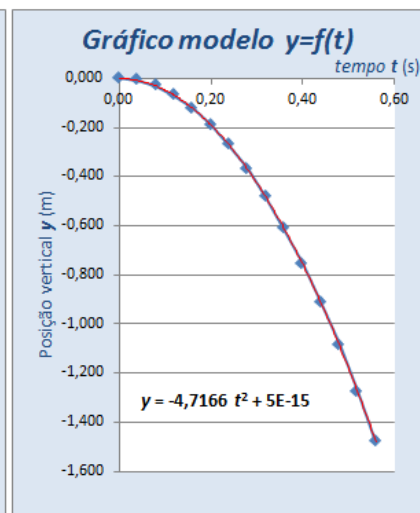
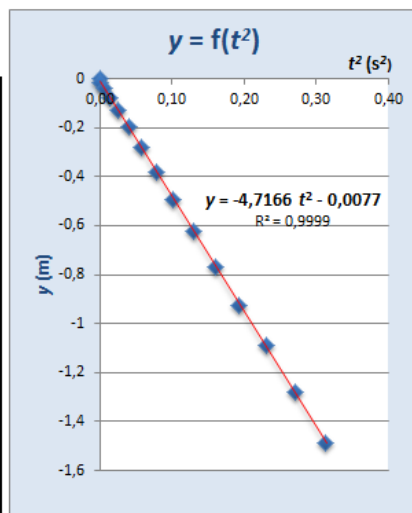


Figura 22 - Representações $y = f(t^2)$ e $y = f(t)$ do modelo obtido.

Obtida a aceleração podemos estabelecer a posição do modelo $y = -\frac{1}{2} 9,433 t^2$ (representado pela parábola da figura 22) cujo valor algébrico deixa espaço para discutir a resistência do ar neste processo. Assim o modelo a usar será caracterizado pelas expressões:

$$y = -\frac{1}{2}(9,433) t^2$$

$$v_y = -9,433 t$$

4.2.3 Modelação

A construção do modelo é o processo através do qual o aluno, a partir da representação matemática, anima o objeto de forma a estudar o seu comportamento físico.

O *Tracker* dispõe de dois tipos de modelos: modelo analítico, baseado nas equações do movimento, e modelo dinâmico que recorre à definição das forças de acordo com as leis de Newton.

Sabendo que a bola tem a massa igual a 0,308 kg e tendo determinado a componente vertical da aceleração ($-9,433 \text{ m/s}^2$), a aplicação destes dados ao construtor de modelo dinâmico apresenta uma resposta na animação do modelo (bola amarela) que reproduz fielmente o comportamento da partícula real (ver Figura 23).

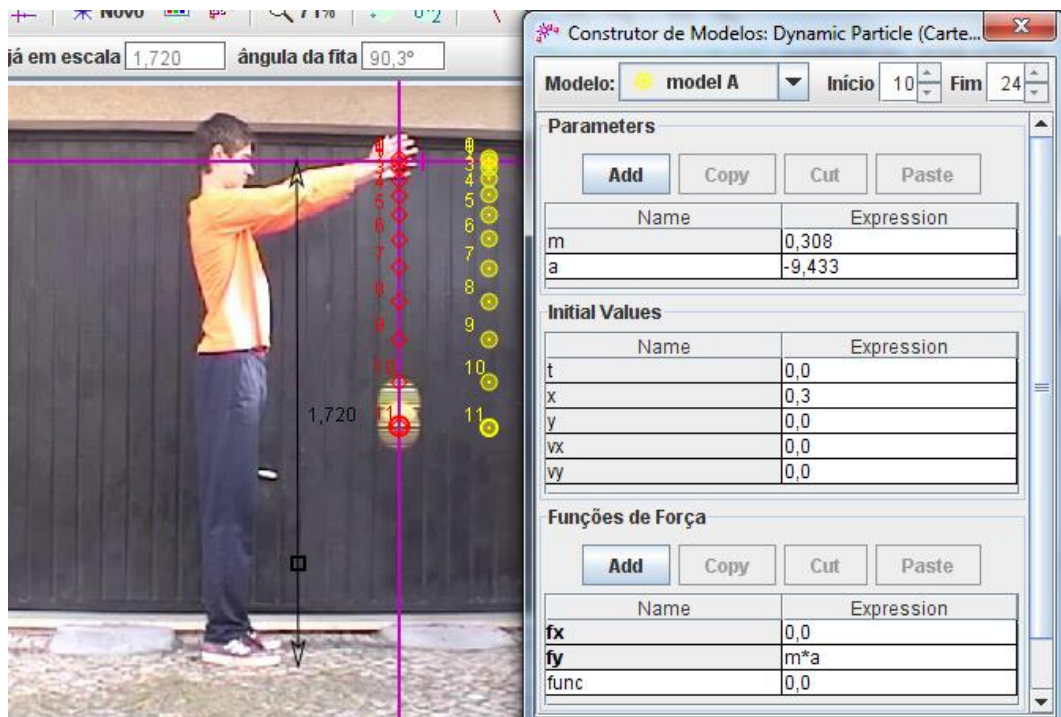


Figura 23 – Construção do modelo dinâmico no Tracker.

A criação de novo modelo dinâmico onde se desprezou o efeito da resistência do ar ($a=g$) (bola vermelha), permite estabelecer o paralelo entre presente situação e a anterior (bola amarela) onde havia manifestação de forças dissipativas no movimento (ver Figura 24).

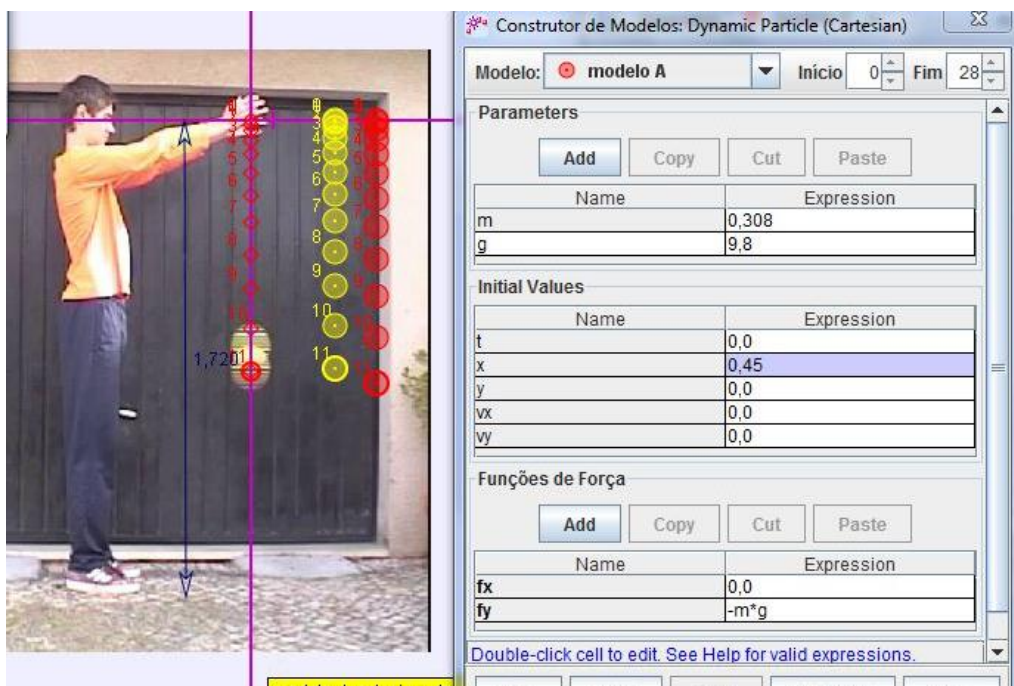


Figura 24 – Construção do modelo dinâmico desprezando a resistência do ar.

Já o modelo cinemático socorre-se das expressões do movimento, pelo uso da equação do movimento vertical, o modelo (azul) acompanhou escrupulosamente quer a partícula real, quer o modelo dinâmico. Também esta análise seria interessante para explorar na aula.

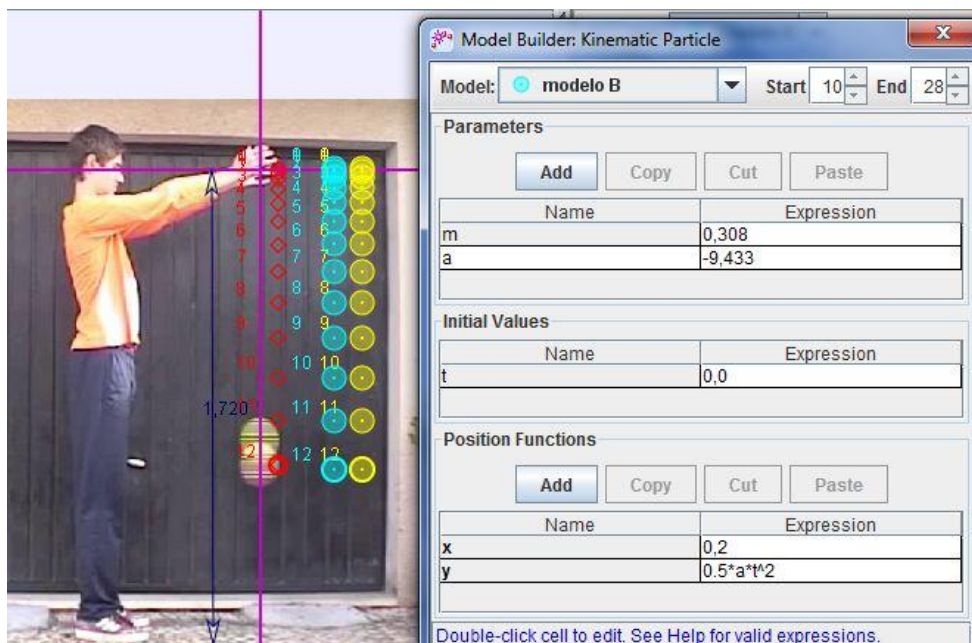


Figura 25 – Construção do modelo cinemático.

Há que referir que os valores atribuídos ao parâmetro x nos diferentes modelos, representam a coordenada horizontal do modelo no referencial escolhido, tendo sido arbitrado de modo a colocar o modelo em posição estratégica para a avaliação visual que, em cada caso, se pretende estabelecer. Mantê-lo com o valor zero iria criar sobreposição de modelos, e destes com a representação real, o que não servia o interesse didático do processo.

4.2.4 *Modellus*

Este exemplo, por ser tão simples, pode não fazer justiça ao potencial didático que o Modellus representa. Como podemos observar na figura 26, o modelo matemático não obriga à aprendizagem de qualquer forma de programação, obedecendo à mesma sintaxe que se utiliza habitualmente no papel. Isto é um aspeto muito importante se atendermos que o acesso do aluno (e do professor) ao uso desta ferramenta é assim extremamente facilitado.

No presente caso, aplicando a mesma equação do movimento vertical, bem como as correspondentes expressões da velocidade e da aceleração, podemos animar o modelo aplicado aqui no mesmo cenário da cena real, em simultâneo com as diferentes

representações gráficas. Esta animação conjunta e simultânea de gráficos com o modelo promove a associação cognitiva entre eles. Os gráficos assumem-se assim como representação do real, apresentando-se como uma linguagem, como refere Beichner, plena de significados.



Figura 26 - Representação do modelo no Modellus.

4.2.5 Síntese

Este exemplo, escolhido pela sua simplicidade, é no entanto representativo do potencial didático que estas abordagens podem constituir numa disciplina que os alunos por regra consideram pouco acessível. Não foram exploradas todas as possibilidades didáticas que o exemplo, apesar de simples, proporciona, nem foram produzidos estudos que atestem a sua eficácia na aprendizagem da Física. Contudo, os vários alunos que tiveram contato com os exemplos aqui apresentados (entre outros que constam deste trabalho) mostraram entusiasmo e consideraram que esta abordagem torna os assuntos "...muito mais fáceis de perceber".

Em termos didáticos, a opção por não usar a abordagem "all-in-one" do Tracker teve por base evitar o processo quase automático de obtenção das expressões matemáticas associadas ao gráfico que o recurso ao *Data Tool* proporciona. O benefício em tempo pode traduzir-se em prejuízo em competências que importa alicerçar, subvertendo o espírito para o qual pretendemos usar o programa. Tendencialmente vamos recorrer ao Tracker para construir as tabelas **posição versus tempo** e as representações gráficas resultantes. Fazendos deslocar o

filme passo-a-passo, para a frente e para trás, verifica-se de que forma as características do movimento se refletem nas suas representações gráficas de modo a criar pontes que aproximam o evento às suas representações gráficas. A estratégia seguinte consiste em transportar os dados **posição** e **tempo** para o Excel, através do qual se procederá à sua análise com vista à determinação das expressões matemáticas que lhes estão associadas. Deste modo possibilita-se um maior envolvimento do aluno na compreensão dos conceitos, evitando lacunas por preencher no processo de aprendizagem.

Estabelecido o modelo matemático para o movimento, passamos à interpretação e análise dos valores dos parâmetros físicos obtidos, e à construção do modelo, seja através do *Tracker* que permite o confronto entre o comportamento do modelo e da partícula real, ou através do *Modellus* que configura um ambiente exploratório através do qual se podem estabelecer representações diversas e/ou alterar as condições do problema e perceber os seus efeitos.

4.3 Sugestão 2: Atividades laboratoriais

Apesar da enorme importância das atividades laboratoriais no reforço ao conhecimento teórico, compreensão da natureza e metodologias usadas em ciência, e desenvolvimento de aptidões no aluno para a área científica e para a resolução de situações-problema, estas nem sempre conseguem alcançar estes propósitos.

Ou porque os objetivos dos trabalhos experimentais condicionam os resultados a ajustarem-se por vezes de forma forçada, ou por nem sempre ser dada oportunidade ao aluno de os realizar, ou ainda porque o aluno se limita a cumprir instruções do protocolo experimental, muitas das vezes a essência do trabalho perde-se.

A abordagem aos ensaios experimentais previstos na Unidade 1 - “Movimentos na Terra e no Espaço” do programa de Física do 11.º ano com recurso à Análise Digital de Vídeo pode potenciar os objetivos dos trabalhos, seja no plano do reforço das aprendizagens, seja na aquisição de competências de investigação científica e espírito crítico e analítico.

4.3.1 A.L. 1.1 – Queda Livre

Esta atividade laboratorial apresenta a seguinte questão desafiadora:

“Dois atletas com pesos diferentes, em queda livre, experimentam ou não a mesma aceleração?”

De acordo com os objetivos do trabalho referidos no Programa de Física e Química A (11.º ou 12.º anos) pretende-se com esta atividade “que o aluno desenvolva uma investigação que o leve a concluir que a aceleração gravítica não depende da massa do corpo nem da altura de queda.” (Ministério da Educação, 2003, p. 67)

Este trabalho pode ser realizado de muitas formas. Vou abordar a técnica sugerida por alguns manuais escolares e que tenho posto em prática. Assim esta atividade, como a tenho realizado, socorre-se habitualmente de duas células fotoelétricas colocadas verticalmente alinhadas num suporte a alturas diferentes. Medida a massa e o diâmetro de uma dada esfera, esta é largada imediatamente sobre a primeira célula, ligando a marcação do tempo que só terminará quando esta passar na segunda célula, registando-se o intervalo de tempo Δt relativo ao percurso entre células. O recurso a um segundo digitímetro permite medir, no mesmo ensaio, o intervalo de tempo em que o feixe de luz esteve interrompido pela passagem

da esfera (considerado o seu diâmetro) o que permitirá determinar a velocidade instantânea da esfera quando passa no segundo sensor fotoelétrico. Considerada nula a velocidade inicial, facilmente o aluno determina o valor algébrico da aceleração. Repetido o processo, com outras esferas de dimensões e massas diferentes, a suposta conclusão pode ficar comprometida por se obterem diferentes resultados para as respectivas acelerações.

A incerteza associada à medição indireta da velocidade instantânea da esfera, quando passa na célula, nem sempre é estabelecida neste ensaio considerando a incerteza do valor Δy que interrompe o feixe de luz e determina um dado Δt . Normalmente o aluno calcula a magnitude dessa velocidade utilizando o diâmetro medido da esfera e o tempo registado pelo digitímetro na respetiva passagem, quando este tempo, a maior parte das vezes, diz respeito apenas a uma pequena secção da esfera que interrompe o feixe de luz da célula (produzindo valores Δt muito inferiores e conseqüentemente elevados valores para a magnitude da velocidade). Desta forma ficam adulterados significativamente os resultados, produzindo uma conclusão que contraria o objetivo do trabalho laboratorial²⁴.

Para servir o objetivo deste trabalho através da análise digital de vídeo pode-se reproduzir o cenário laboratorial previsto (excetuando a presença de células e digitímetros) e realizar vários ensaios com diferentes massas.

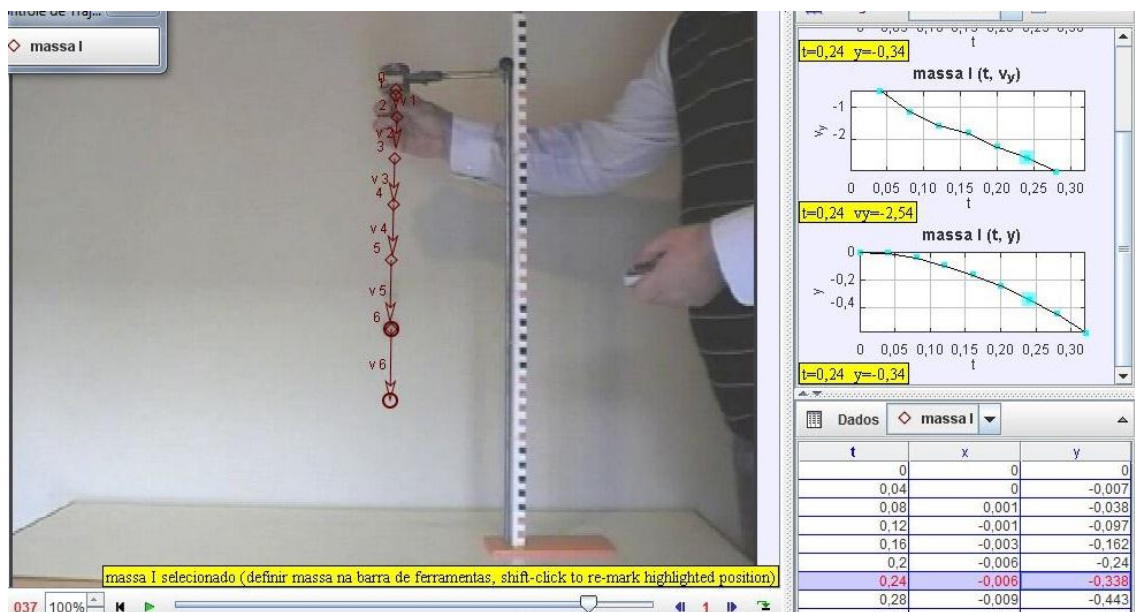


Figura 27 - Realização da Atividade Laboratorial 1.1 – “queda livre” em ambiente laboratorial.

²⁴ Admito a possibilidade de ajustes ao procedimento descrito, alguns dos quais já experimentei, como o objetivo de compatibilizar mais os resultados aos objetivos.

O ensaio realizado consistiu na suspensão de uma esfera na garra presa no suporte vertical por um pequeno estilete que, quando puxado, deixava cair a esfera.

Na figura 27, a representação vetorial da velocidade mostra que a sua intensidade aumentava ao longo da queda, o que é ilustrado também pelas representações gráficas da figura (parábola na representação $y = f(t)$ e reta na representação $vy = f(t)$).

Transportando os valores da tabela para o Excel obtém-se a representação gráfica do movimento e a respetiva equação cuja aceleração se cifra em $(-9,67 \text{ m/s}^2)$.

A.L. 1- Queda Livre

Dados do Tracker	
t	y
0,000	0,000
0,040	-0,016
0,080	-0,042
0,120	-0,090
0,160	-0,164
0,200	-0,243
0,240	-0,335
0,280	-0,444
0,320	-0,567

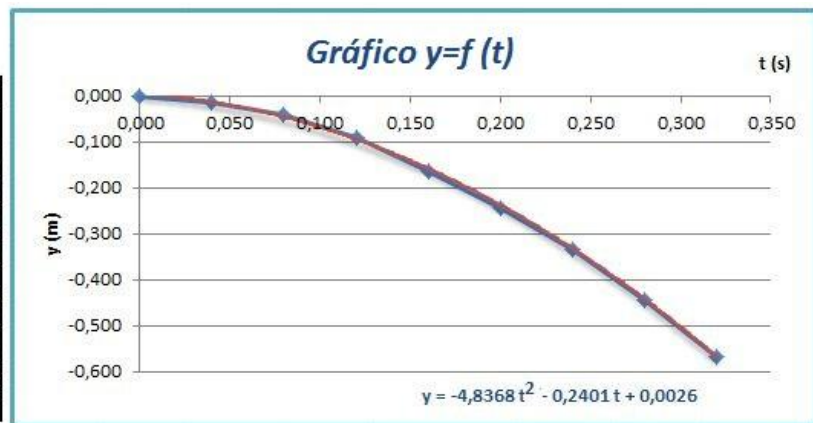


Figura 28 - Representação gráfica realizada em Excel a partir dos dados do Tracker para este movimento.

Da equação $y = 0,0026 - 0,2401 t - \frac{1}{2} 9,6736 t^2$ obtida pelo ajuste da linha de tendência no Excel, podemos facilmente perceber que a presença de um valor de velocidade inicial vertical de $-0,24 \text{ m/s}$. Idealizar um modelo para este movimento pressupõe que a velocidade inicial seja nula. Assim, podemos calcular o quadrado dos valores do tempo para estabelecer a representação $y = f(t^2)$ a qual se ajusta à expressão do movimento pretendida $y = \frac{1}{2} a t^2$, que assim se assume como uma reta de declive igual a $(\frac{1}{2} a)$.

Este valor poderá também ser determinado analiticamente recorrendo à função declive (=DECLIVE(lista_y; lista_t^2)) conforme se calculou no exemplo apresentado na figura 29. Uma vez determinado o declive $(\frac{1}{2} a)$ determinam-se os valores posição (vertical) em função do tempo, de acordo com este modelo, e acrescentou-se a sua representação gráfica ao gráfico dos valores medidos de modo a permitir uma análise comparativa entre real e modelo.

A.L. 1- Queda Livre

Dados do Tracker		Modelo	
t	y	t ²	Y _{modelo}
0,000	0,000	0,000	0,000
0,040	-0,016	0,002	-0,009
0,080	-0,042	0,006	-0,035
0,120	-0,090	0,014	-0,080
0,160	-0,164	0,026	-0,142
0,200	-0,243	0,040	-0,221
0,240	-0,335	0,058	-0,319
0,280	-0,444	0,078	-0,434
0,320	-0,567	0,102	-0,566

declive	-5,53
aceleração vertical	-11,06
modelo	$y = 1/2 * (-11,06) * t^2$

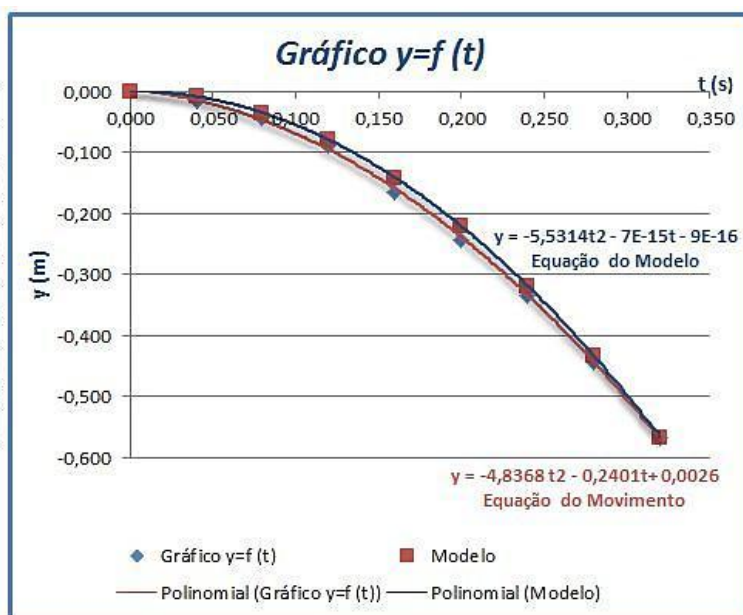


Figura 29 - Tabela e representação comparativa entre o movimento real e o modelo.

Estabelecida a equação $y = -5,5314 t^2 - 7 \times 10^{-15} t - 9 \times 10^{-16}$, cujos valores correspondentes aos parâmetros y_0 e v_0 são desprezáveis e muito inferiores à incerteza da leitura, pelo que são desprovidos de interesse no contexto do problema. Assim, vamos reescrever a expressão para o modelo, arredondando o termo com significado, resultando na equação $y = -5,53 t^2$.

Construindo este modelo no Modellus podemos trabalhar com os alunos a relação entre as diferentes representações gráficas $y = f(t)$, $v_y = f(t)$ e $a_y = f(t)$ e o movimento de queda livre. Sendo este o primeiro trabalho desta unidade programática será o momento oportuno para consolidar estes conceitos.

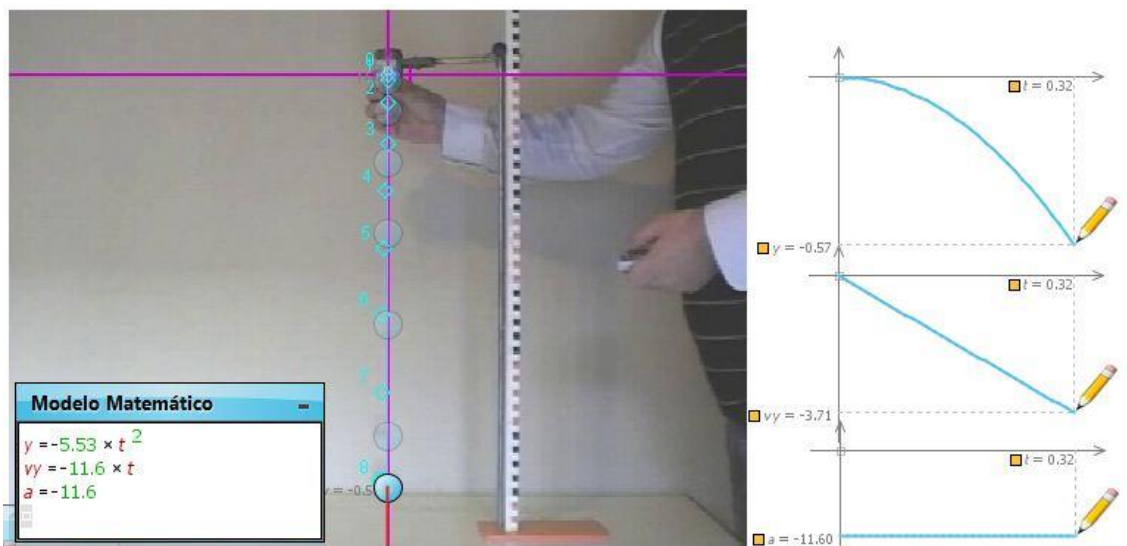


Figura 30 - Modelo criado no Modellus, do movimento de queda da esfera e respectivos gráficos.

Consultando os objetivos traçados no Programa para esta atividade, podemos ler:

O aluno deverá fazer uma montagem experimental com o material disponível, de modo a deixar cair corpos de massas diferentes, de diferentes alturas, com o objetivo de avaliar, para cada caso, o valor da aceleração. Deverá determinar a velocidade de cada corpo em dois pontos da trajetória e o tempo que leva a percorrer a distância entre esses pontos, de modo a calcular a aceleração da gravidade. (Ministério da Educação, pp. 67-68).

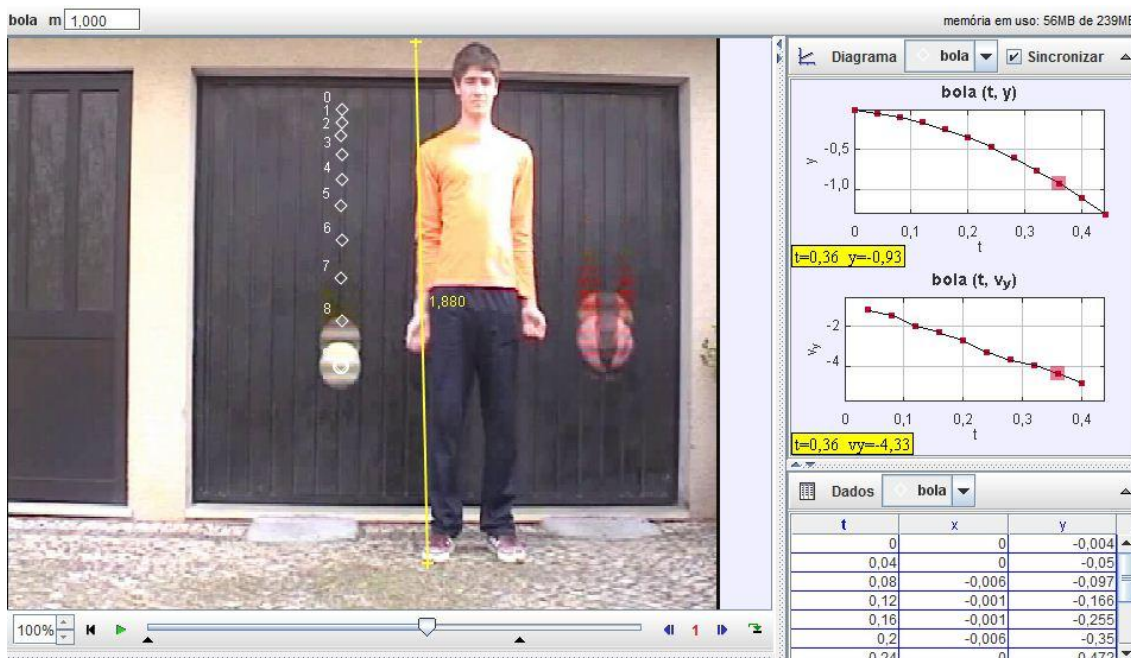


Figura 31 - Queda simultânea de duas bolas a partir da mesma altura.

Este texto sugere o ensaio de queda simultânea de diferentes corpos, a partir da mesma altura, que, se largados no mesmo instante, chegariam ao solo ao mesmo tempo (considerando o efeito do atrito equivalente), o que embora pudesse dar resposta à questão desafiadora do trabalho, não permitia uma análise capaz de quantificar as grandezas invocadas no trabalho, problema que pode ficar sanado através da análise digital de vídeo. Conforme se ilustra na Figura 31 e, por processo semelhante aos já descritos para os exemplos anteriores, obtêm-se os parâmetros do movimento a partir do estudo das respectivas representações gráficas, podendo elaborar-se modelos passíveis de discussão e análise na aula. Seria um efetivo ambiente exploratório, a partir do qual se poderiam analisar múltiplos aspetos da cinemática e da dinâmica, visando o reforço dos conceitos envolvidos, numa lógica construtivista.

4.3.2 A.L. 1.2 - Será necessária uma força para que um corpo se mova?

Dois alunos discutem: um diz que é preciso aplicar constantemente uma força a um corpo para que este se mantenha em movimento; o outro afirma que a resultante de forças que atuam sobre um corpo pode ser nula e ele continuar em movimento. Quem tem razão? (Ministério da Educação, 2003, p. 70).

Muitos alunos, apesar de já terem trabalhado na aula as leis de Newton, mesmo sabendo enunciá-las, quando as mesmas são transportadas para a prática, revelam-se enormes fragilidades conceituais. Esta atividade laboratorial ajuda a burilar a dificuldade em compreender o conceito de inércia.

Para a realização do presente trabalho podemos recorrer à montagem sugerida no Programa:

O aluno deverá fazer uma montagem experimental com um carrinho que se move sobre um plano horizontal ligado por um fio a um corpo que cai na vertical. O fio que passa na gola de uma roldana deve ter um comprimento tal que permita a análise do movimento do carrinho na horizontal quando o fio deixa de estar em tensão. Deverá determinar valores de velocidade em diferentes pontos do percurso. (Ministério da Educação, 2003, p. 70).

Registado o ensaio em vídeo e marcadas as referências no *Tracker*, obtemos um quadro de valores que se traduzem em duas representações gráficas distintas: uma parábola até ao instante $t=0,24$ s, e uma quase reta depois deste instante, conforme se pode verificar pelas figuras 32 e 33.

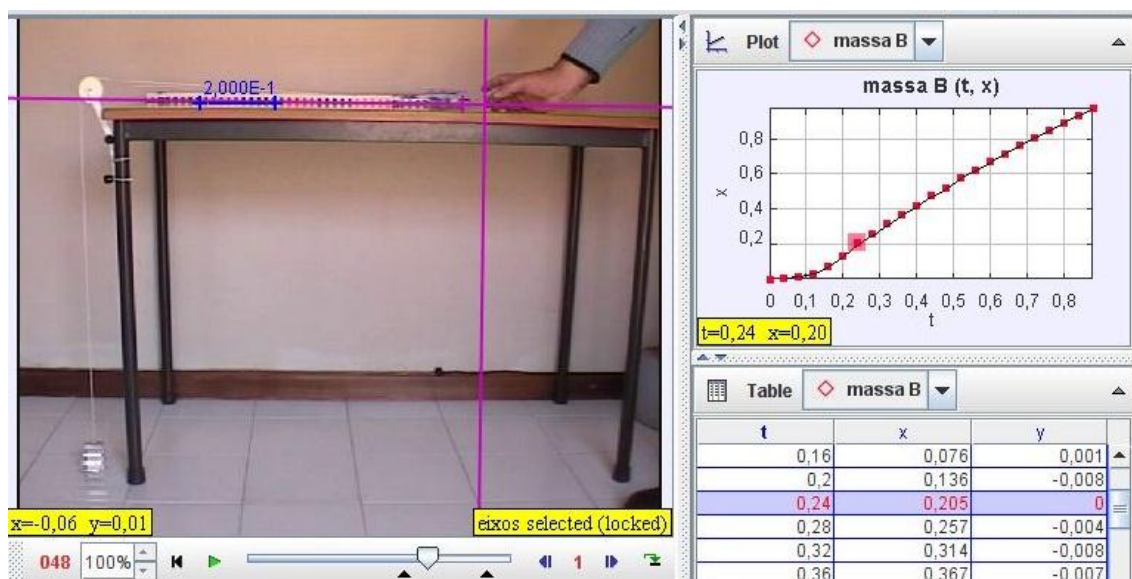


Figura 32 - Atividade Laboratorial1.2 com o respetivo gráfico $x = f(t)$ e tabela de dados.

Neste trabalho a análise digital de vídeo revela-se particularmente útil, a começar por nos convidar a consultar o vídeo para perceber qual a alteração do movimento que esteve na origem da mudança de comportamento do gráfico. A figura 32 revela que este instante coincide com o momento em que o corpo, até aí suspenso, toca o solo, deixando por isso de exercer força sobre o carrinho que se desloca sobre a mesa.

Difficilmente de outra forma o aluno teria oportunidade de perceber visualmente a relação entre o exercício da força aplicada e o tipo de movimento produzido.

Exportando os dados para o Excel, obtemos a representação gráfica apresentada na Figura 33.

Será necessária uma força para que um corpo se mova?

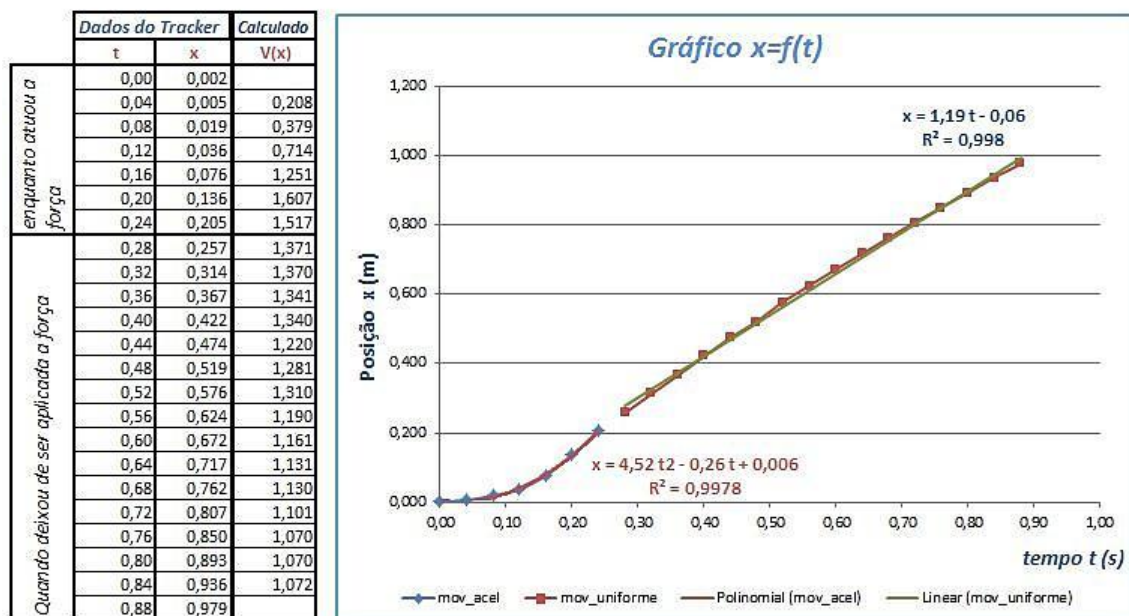


Figura 33 - Tabela e representação gráfica $x = f(t)$.

Calculando a velocidade em cada ponto pela razão entre as diferenças das posições adjacentes e a diferença dos respetivos tempos (desprezando para cada caso os valores na fronteiras do intervalo) e traçando o gráfico $v_x = f(t)$ (Figura 34) podemos constatar pelos declives que, até ao tempo $t=0,24$ s, temos um movimento retilíneo uniformemente acelerado, enquanto se verifica a presença da força aplicada, e posteriormente, após a queda do corpo suspenso que exercia a referida força, a representação passa a ser quase horizontal, indicativa de uma aceleração próxima de zero.

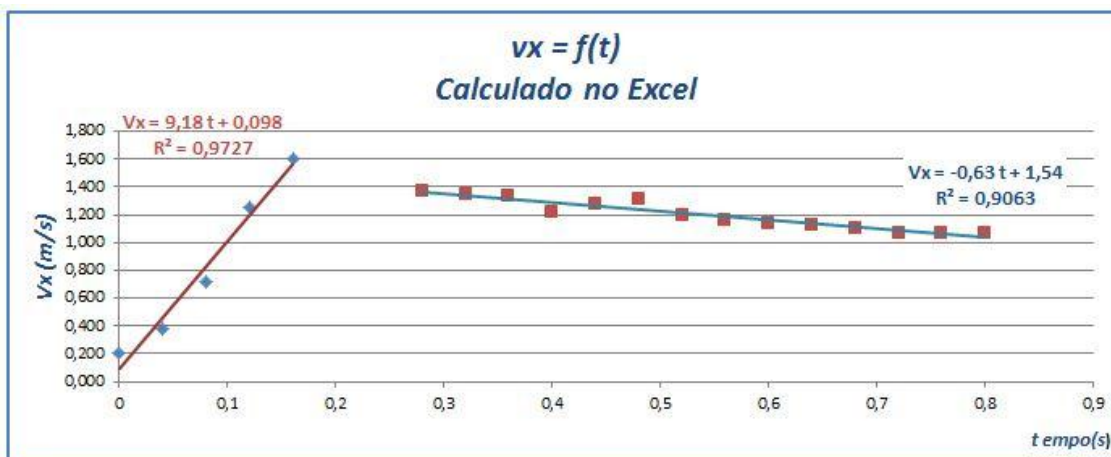


Figura 34 - Representação do gráfico $v_x = f(t)$ trabalhado em Excel.

Esta análise permite ainda discutir e quantificar a influência do atrito responsável pela aceleração negativa na segunda fase do movimento. Poder-se-ia alertar o aluno para a observação mais minuciosa do gráfico da figura 33, no qual a reta referida, efetivamente é uma parábola de concavidade pouco expressiva e voltada para baixo (valor algébrico da aceleração negativo).

Querendo explorar o valor algébrico da aceleração, resultante da ação do peso do corpo suspenso sobre o carrinho, teríamos que considerar ambas as massas, bem como o conjunto de forças aplicadas em cada objeto. Assim:

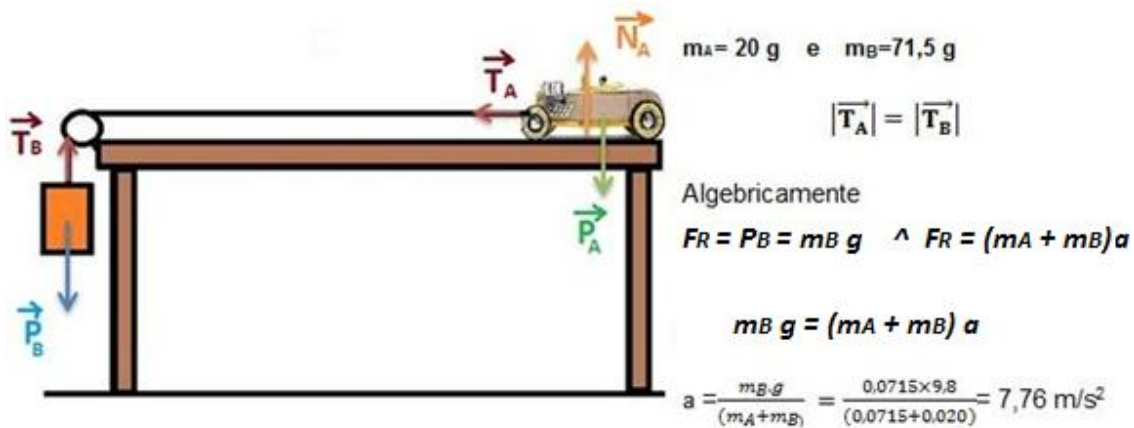


Figura 35 - Análise esquemática do trabalho e cálculo algébrico da aceleração.

Sabendo que no instante inicial o carrinho se encontra na origem do referencial, e a sua velocidade é nula, a expressão do movimento resume-se a $x = \frac{1}{2} a \cdot t^2$.

Assim, alternativamente à análise gráfica já estabelecida, poderíamos determinar a representação gráfica $x = f(t^2)$, cuja reta terá o declive equivalente a metade do valor da aceleração.

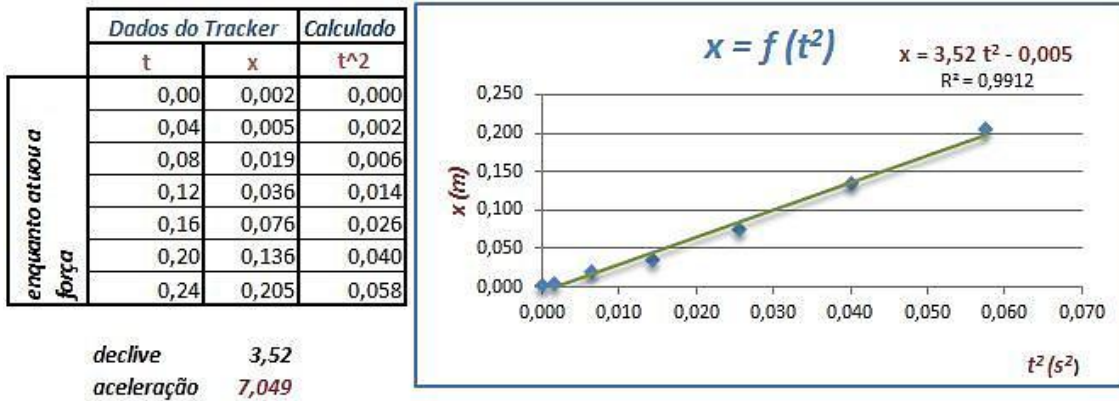


Figura 36 - Representação $x = f(t^2)$ do movimento do carro sujeito a uma força.

Criando o modelo²⁵, por recurso ao Modellus, passamos a ter um simulador que permite verificar a influência das massas do carro e do corpo suspenso, ao mesmo tempo que a representação síncrona dos diferentes gráficos com o movimento proporcionarão uma melhor integração dos conceitos.

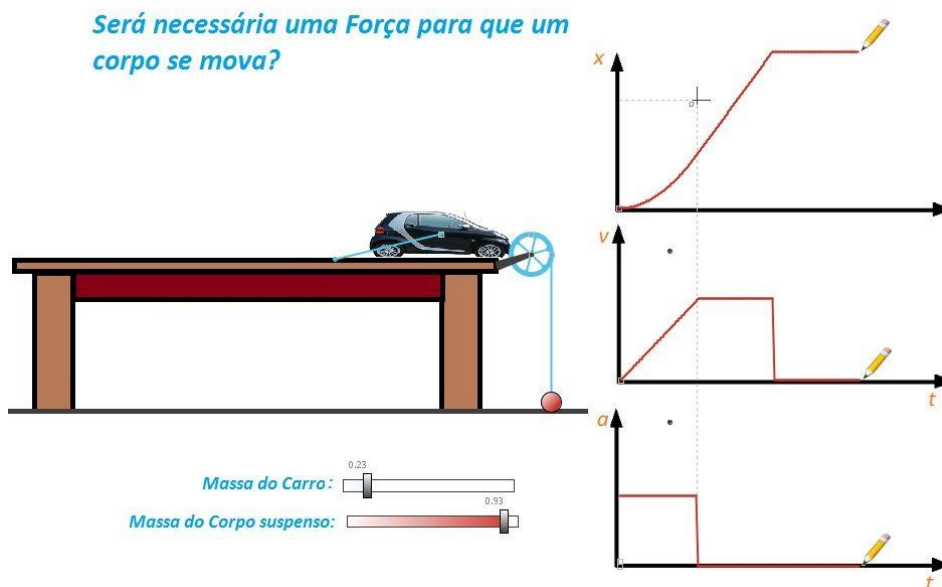


Figura 37 - Modelo da atividade laboratorial.

²⁵ Este modelo foi adaptado do modelo criado por Albino Rafael que se encontra disponível em <http://www.fisicanalixa.blogspot.com> (com autorização do autor)

4.3.3 A.L. 1.3 Salto para a piscina

“Pretende-se com esta atividade que o aluno relacione a velocidade de lançamento horizontal de um projétil com o alcance e reveja os seus conhecimentos sobre conservação de energia.” (Ministério da Educação, 2003, p 69)

Tal como nos casos anteriores, a abordagem laboratorial aqui usada é em tudo semelhante à estabelecida no protocolo da atividade, excetuando apenas o recurso a digitímetros e células fotoelétricas. Uma esfera largada de uma dada altura desce ao longo de uma calha até ser projetada horizontalmente. A altura deste lançamento horizontal em relação ao solo determinará o tempo de queda, e este por sua vez conjugado com a velocidade horizontal, irá estabelecer a distância que a esfera avançará em relação ao ponto de lançamento. A figura 38 consegue ilustrar o procedimento adotado nesta atividade laboratorial, percebendo-se desde já pelos gráficos $x = f(t)$ e $y = f(t)$ as características do movimento a explorar neste trabalho.

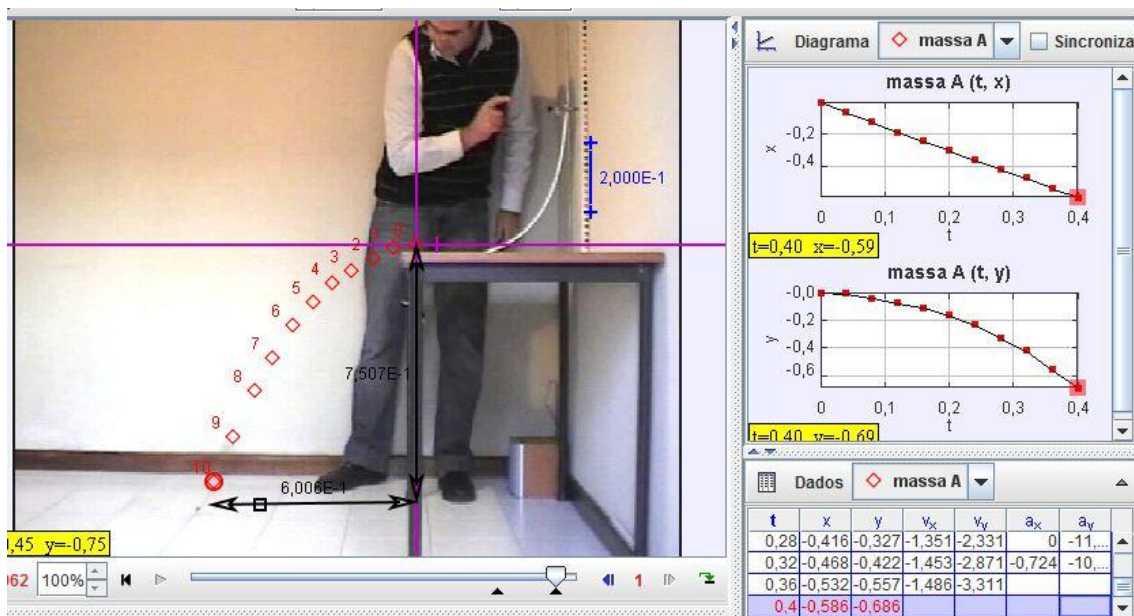


Figura 38 - Lançamento horizontal de um projétil.

A partir do registo do movimento e das ferramentas disponíveis podemos explorar esta atividade de múltiplas formas. Pela via algébrica, poderíamos aplicar os valores diretamente na tabela sobre a expressão do movimento horizontal, obtendo o valor da velocidade horizontal: No caso concreto, para $t_{\text{queda}} = 0,40$ s, a esfera estava na posição $x = -0,586$ m relativamente à origem do referencial (ponto de lançamento) conforme podemos ver na figura 38. Assim:

$$\Delta x = v_x t_{\text{queda}} \Leftrightarrow v_x = \frac{\Delta x}{t_{\text{queda}}} = \frac{-0,586}{0,40} = -1,47 \text{ m/s}$$

Por análise gráfica, o declive da reta que relaciona a posição x com o tempo t , e que representa o valor da velocidade horizontal v_x , tem o valor de $-1,45$ m/s. Facilmente o aluno assume a concordância entre ambos os métodos para a determinação da velocidade de saída do projétil.

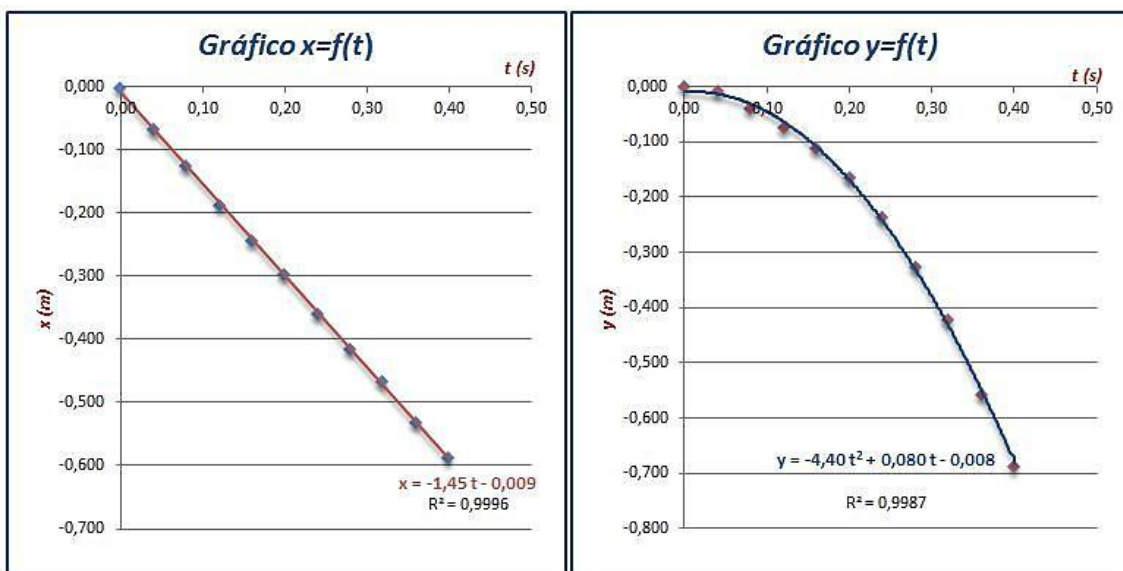


Figura 39 - Gráfico das posições horizontal e vertical do projétil em relação ao tempo.

Para uma melhor compreensão dos gráficos em Física, será oportuno aqui representar outros gráficos com abcissas que não sejam o tempo. Um exemplo de gráficos a abordar neste trabalho seriam a representação das **posições (x,y)** do projétil, para desmontar a confusão dos alunos referida por Beichner entre esta “imagem do movimento” (figura 40) e as representações da posição vertical em ordem ao tempo (Figura 39) de aspeto semelhante.

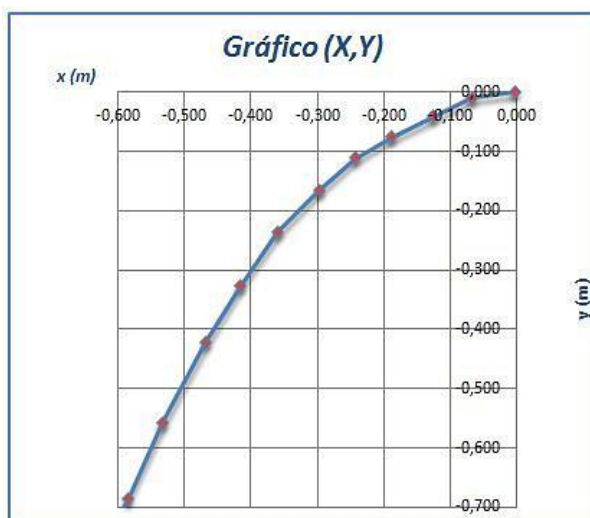


Figura 40 - “Imagem” do movimento

Outro exemplo seria a representação da dispersão dos valores da velocidade em função do alcance do projétil ($v_x = \left(\frac{1}{t_{\text{queda}}}\right) \Delta x$), usando para tal vários ensaios, para dar resposta ao tema do trabalho, reforçando simultaneamente os conceitos matemáticos associados à representação e interpretação de gráficos em Física.

Apesar do valor da velocidade vertical inicial, resultante do ajuste da linha aos pontos obtidos experimentalmente, se cifrar em 0,080 m/s, valor pouco expressivo, sabemos que esse valor na realidade é nulo. Assim, vamos determinar o modelo com base no declive da reta $y = f(t^2)$, obtido a partir da função declive aplicada às colunas y e t^2 , da forma já descrita em situação análoga na atividade da queda livre.

A.L.1.3 - Salto para a Piscina

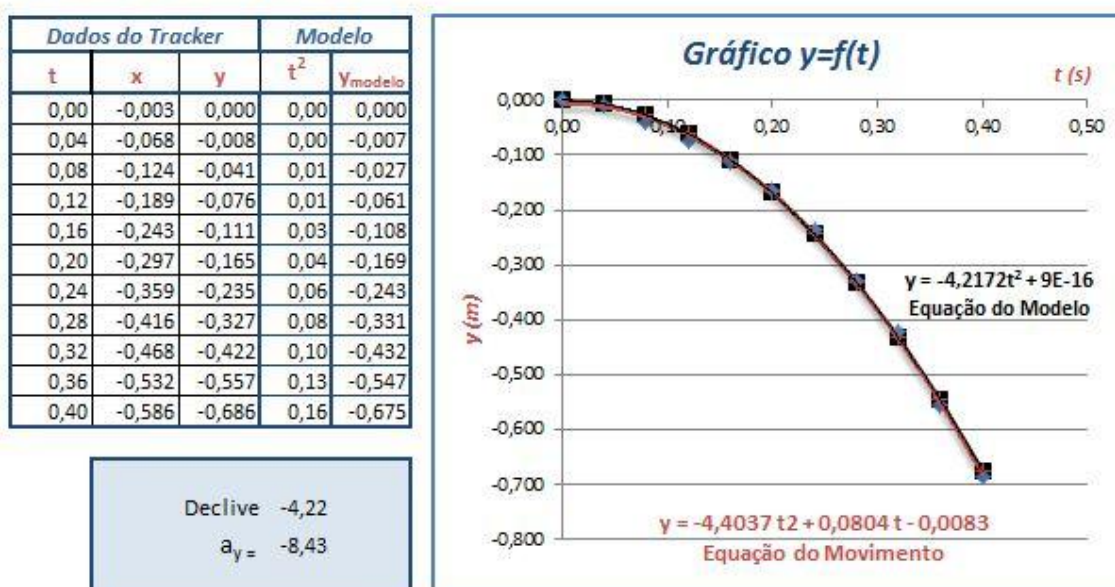


Figura 41 - Tabela e gráfico comparativo entre as representações do movimento real e do modelo.

As curvas para a representação do movimento real e para a representação do modelo são praticamente sobreponíveis, pelo que não se distinguem no gráfico da figura 41. Apesar dos valores das acelerações serem diferentes, estas duas parábolas só se vão separar ao fim de algum longo tempo, o que não é evidente no curto intervalo de tempo aqui considerado. Assim, o modelo fica definido pelas equações $x = -1,45 t$ e $y = -4,22 t^2$ (os termos independentes, quer na equação da componente horizontal, quer da componente vertical, presentes nas equações do modelo são perfeitamente desprezáveis e sem significado físico).

Aplicadas ao *Tracker* podemos constatar o que já foi avançado acerca da proximidade do modelo ao movimento real do projétil. As posições de ambos coincidem no vídeo. Será um

trabalho no qual o aluno facilmente poderá perceber a roupagem matemática dos acontecimentos físicos.

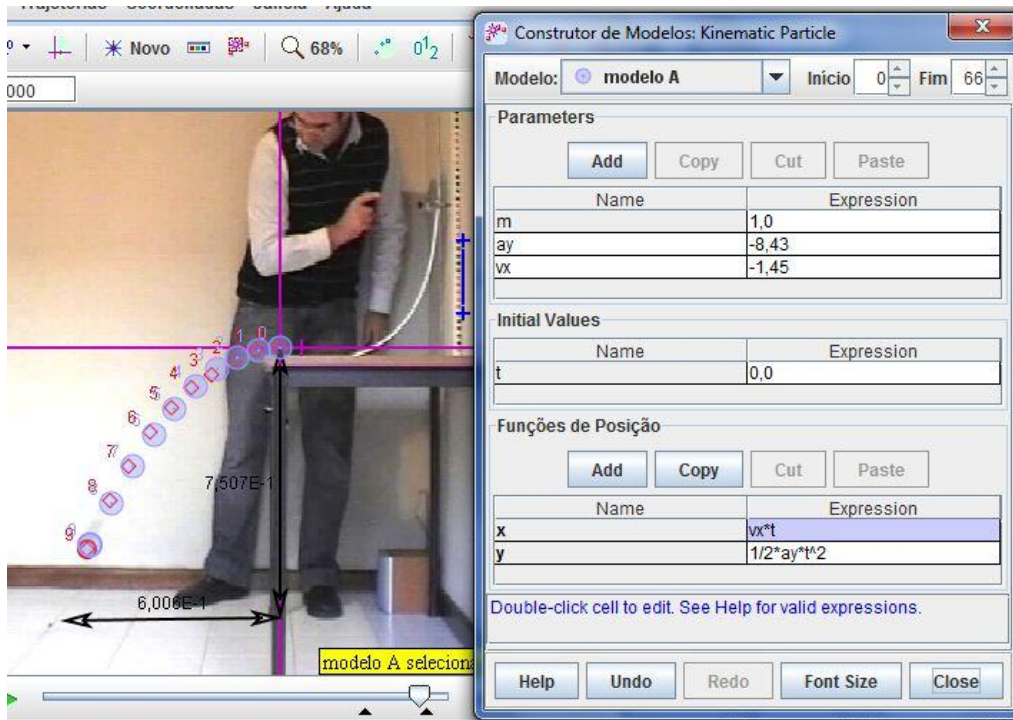


Figura 42 - Modelo aplicado no Tracker evidenciando a concordância com o movimento real.

A criação do mesmo modelo com o Modellus reveste-se também de elevado interesse.

Lançamento de Projéteis

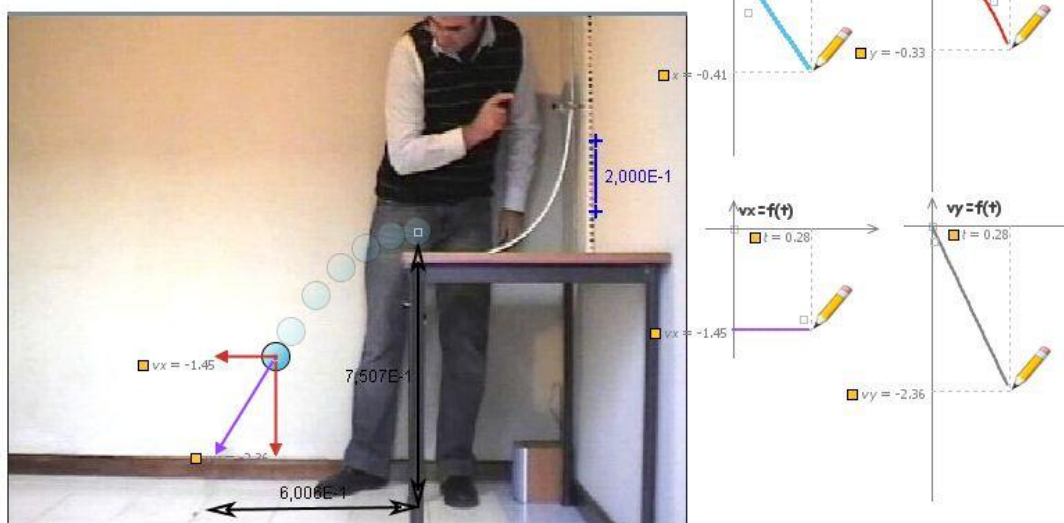


Figura 43 - Modelo aplicado ao Modellus salientando os vetores velocidade e gráficos.

A Figura 43 estabelece um paralelo entre as representações em x e as representações em y , salientando a velocidade constante da componente horizontal do movimento, enquanto a componente vertical revela uma velocidade crescente. Mas neste caso particular, esta aplicação tem um interesse acrescido – a representação vetorial.

A abstração matemática subjacente à representação vetorial pode ser aqui apresentada com elevado potencial didático. O aluno por esta via, tem oportunidade de perceber que no instante inicial a velocidade só apresenta componente horizontal, e à medida que o corpo vai caindo, embora a componente horizontal se mantenha constante, aumenta a magnitude da sua componente vertical, aumentando a magnitude do vetor velocidade. O conceito de vetor velocidade como vetor soma dos respetivos vetores componentes em x e y , ficará assim também clarificado quer em termos de magnitude quer em termos de direção tangente à trajetória.

Este trabalho poderia ainda ser explorado em termos energéticos, consideradas as transformações de energia potencial em energia cinética ocorridas ao longo da rampa que antecede a saída horizontal do projétil.

4.3.4 A.L.1.4 – *Satélite geostacionário*

Esta atividade laboratorial tem como objetivos que o aluno aprenda a:

- Caracterizar o movimento circular com velocidade de módulo constante;
- Identificar as características da resultante das forças responsável pelo movimento;
- Determinar o módulo da velocidade angular a partir do período;
- Relacionar a aceleração do movimento com a velocidade angular e o raio da trajetória;
- Explicar a razão pela qual um satélite em órbita circular em torno da Terra tem uma velocidade orbital independente da sua massa.

O trabalho aqui realizado consistiu em suspender, em relação a um ponto fixo, uma esfera por um fio de modo a que a mesma possa descrever uma trajetória aproximadamente circular. A abordagem para este trabalho seguiu as orientações do Manual de Atividades de Física 11.º Ano (Fiolhais, Valadares, Silva, Teodoro, 1995, pp. 104–107).

O registo em vídeo foi efetuado colocando a câmara por baixo da esfera, alinhada perpendicularmente ao plano da trajetória apontando o centro do movimento. Contudo, o resultado obtido produziu um movimento elítico e não o circular como se pretendia. Imprimir uma velocidade à esfera que a coloque em movimento circular uniforme é uma tarefa extremamente difícil. De qualquer forma, apesar dos erros associados à variação do raio da

trajetória e consequentes erros nos parâmetros que dele dependem, pode ser feita a abordagem conducente aos objetivos do trabalho.

Assim, assumindo que este pretense pêndulo cônico descreve, na sua base, um movimento circular e uniforme efetuado pela esfera de 110 g em torno do centro, recorrendo à análise digital de vídeo podemos recolher os dados do movimento. Neste trabalho foram recolhidos 84 registos, que apenas serão representados graficamente por não se justificar a sua apresentação de outra forma.

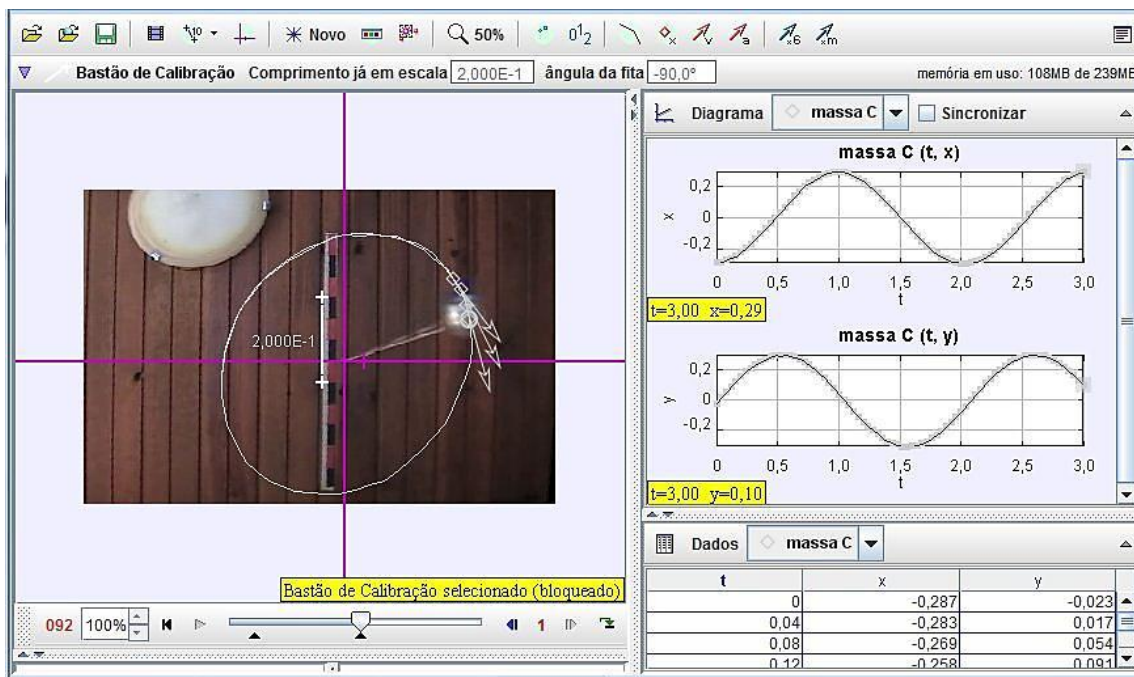
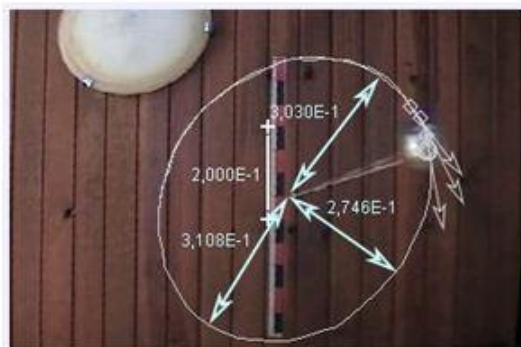


Figura 44 - Ecrã do *Tracker* ilustrando a trajetória da esfera e vetores velocidade.

Mesmo com uma rápida observação da informação apresentada, facilmente nos apercebemos da real forma da trajetória, podendo ser destacado a presença do vetor velocidade para vincar esse conceito. Outro aspeto a salientar da figura 44 é que os valores, mínimo e máximo, de y ocorrem no instante em que x é nulo e vice-versa. Esta informação pode ser explorada através da representação da posição (x,y) presente na figura 46. Nesta imagem apresento ainda uma ferramenta do *Tracker* que por vezes se revela útil – a fita de medição, aqui medindo a irregularidade do raio da trajetória (ver Figura 45).

Satélite Geoestacionário



Raio mínimo da trajetória	0,275 m
Raio máximo da trajetória	0,311 m
Raio médio considerado	0,293 m
massa da esfera	0,11 kg

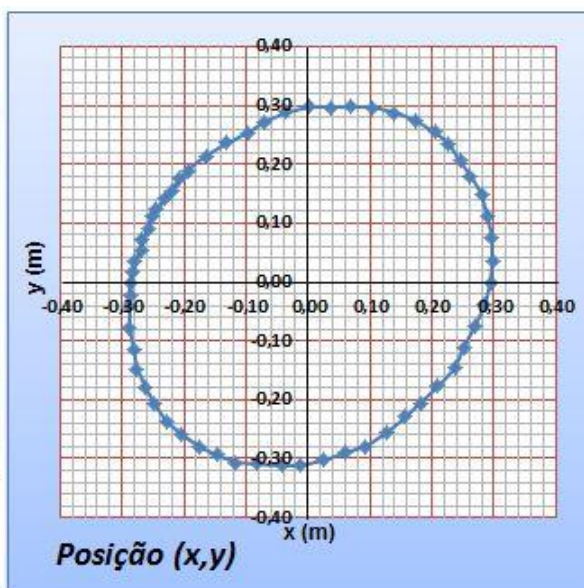


Figura 45 - Representação da trajetória pelo *Tracker* e pelo Excel.

Com os dados registados a partir do *Tracker*, construíram-se os gráficos da figura 47, que nos permitem obter informações relevantes para a análise do movimento, ao mesmo tempo que reforçam as competências a nível da análise e interpretação de gráficos.

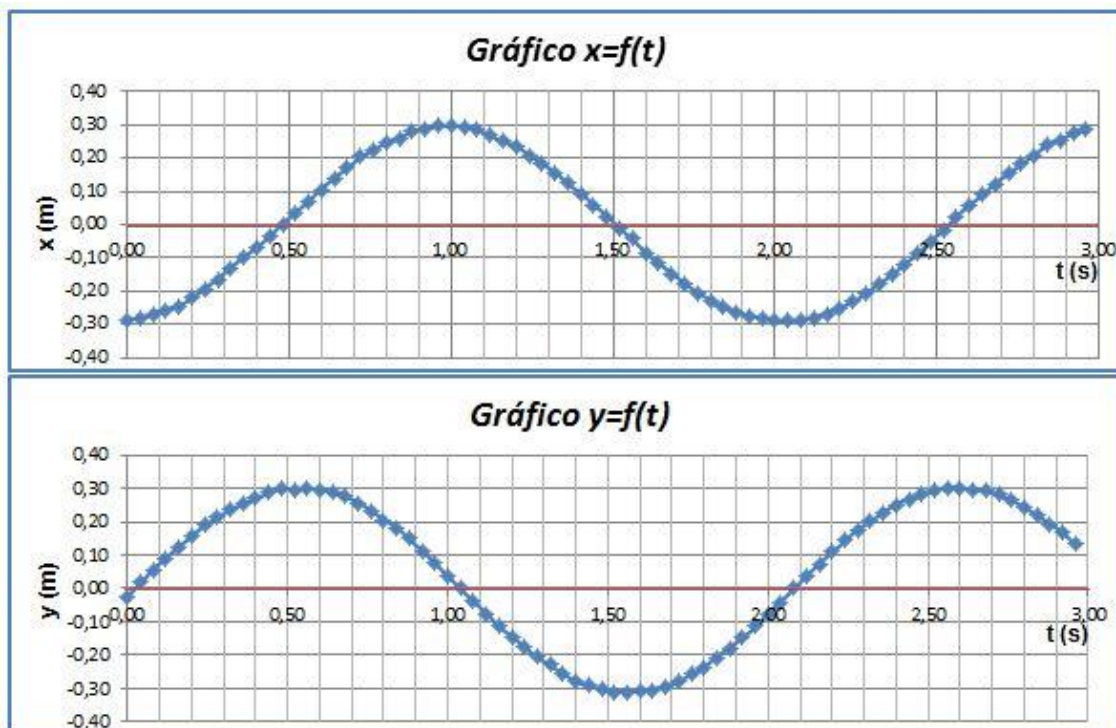


Figura 46 - Gráficos das posições x e y em função do tempo para o m.c.u. em estudo.

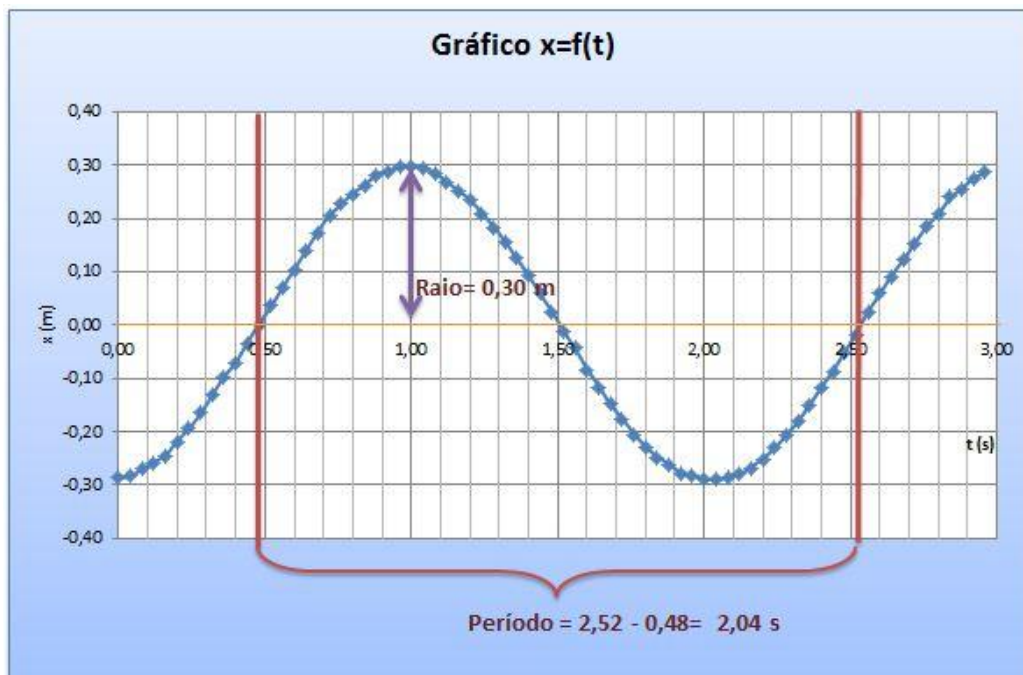


Figura 47 - Medições no gráfico $x=f(t)$

Obtendo a partir do gráfico o valor de 0,30 m para o raio da trajetória, com a massa do pêndulo de 110 g, e verificando que o período apresenta o valor de 2,04 s, considerando circular a trajetória, facilmente o aluno determina:

- Distância percorrida em cada volta (Perímetro): $d = 2 \pi r = 2 \times 3,14 \times 0,30 = 1,88 \text{ m}$
- Valor da velocidade linear: $v = \frac{d}{T} = \frac{1,88}{2,04} = 0,922 \text{ m/s}$
- Velocidade angular: $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{6,28}{2,04} = 3,08 \text{ rad/s}$
- Valor da aceleração centrípeta: $a = \frac{v^2}{r} = \frac{0,922^2}{0,30} = 2,83 \text{ m/s}^2$
- Valor da força resultante: $F = m a = 0,11 \times 2,83 = 0,311 \text{ N}$

O protocolo sugerido no Programa do 11.º ano de Ciências Físicas e Químicas sugere uma montagem experimental com um carrinho assente sobre uma placa giratória, que se move com velocidade angular constante, ligado a uma extremidade de uma mola elástica centrada na placa. Com esta montagem, para além de pedir os parâmetros acabados de resolver, solicita ainda a exploração dos efeitos da variação da massa mantendo a mesma velocidade angular. Esta tarefa, não sendo contemplada na abordagem aqui estabelecida, fica analisada pelo modelo criado.

A.L. 1.4 - Satélite Geoestacionário

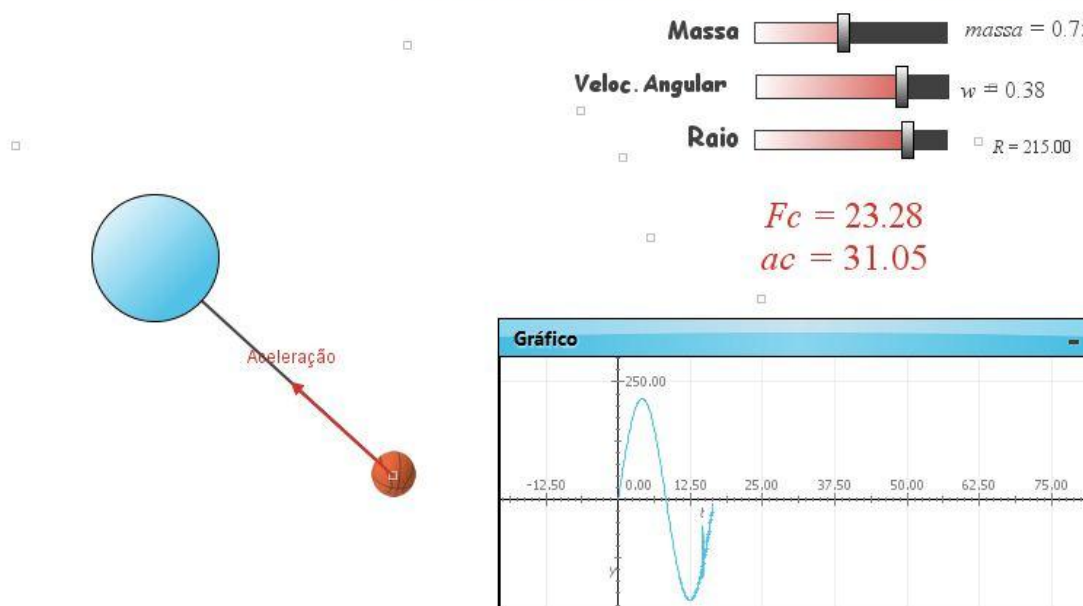


Figura 48 - Modelo que traduz a montagem prevista para o desenvolvimento desta atividade.

Neste modelo, construído de forma muito simples, o aluno pode simular a atividade laboratorial, permitindo-se verificar a influência das alterações dos fatores massa, velocidade angular e raio, sobre o comportamento do movimento e a sua representação gráfica.

4.3.5 Síntese

As atividades laboratoriais são uma forma de ajudar os alunos a adquirir e reforçar conceitos teóricos, fomentando também uma melhor compreensão dos fenômenos e métodos usados em ciência. Para que tal seja conseguido é necessário o envolvimento efetivo do aluno com a atividade, o que só é possível quando o aluno consegue estabelecer ligações entre a referida atividade e os conceitos nela envolvidos. Tal nem sempre acontece. Muitas vezes, mesmo quando é o próprio aluno a realizar a atividade, nem sempre tem presente a razão de cada procedimento, nem elabora a análise crítica de cada resultado ou acontecimento.

As atividades laboratoriais apresentam também alguns constrangimentos dado que nem sempre as escolas dispõem do material necessário para as desenvolver no formato sugerido pelos programas. Felizmente, a tradicional arte de arranjar soluções, acaba por resolver uma boa parte das lacunas, de forma melhor conseguida nuns casos do que noutros.

Mas mesmo estabelecendo um cenário idílico no qual temos um laboratório pleno de recursos para realizar todas as atividades laboratoriais, as quais são realizadas pelos próprios alunos,

de forma empenhada e comprometida com a aprendizagem, ainda assim a limitada percepção dos acontecimentos não permitia ao aluno registar na memória todos os momentos relevantes do trabalho, até porque não tem exata noção deles de forma antecipada.

A natureza abstrata das representações dos movimentos e forças, sejam gráficos, vetores ou expressões matemáticas, não é visível na realização de uma atividade laboratorial, sendo explorados *a posteriori*, mas nesta fase já se perdeu a relação entre o acontecimento e a sua representação.

A análise digital de vídeo permite não só recentrar os alunos nos momentos críticos do trabalho como proporciona uma visão muito mais ampla da realização experimental associando-lhe de forma síncrona os elementos abstratos que habitualmente oferecem grande dificuldade como são os gráficos e vetores. O aluno pode assim estabelecer ligações cognitivas entre os fenómenos físicos e as suas representações, as quais adquirem assim significados que irão persistir na memória dos alunos.

A análise digital de vídeo proporciona ainda os dados do movimento, os quais transportados para ferramentas que permitam a sua análise, como é exemplo o Excel oferece condições para elevar a fasquia para outro nível de compreensão dos movimentos – a sua representação matemática. Da representação gráfica, aliada ao conhecimento dos conceitos teóricos que presidem ao movimento em estudo, o aluno tem a possibilidade de chegar às expressões matemáticas do movimento, as quais passam a adquirir substância, reforçando deste modo não só os conceitos como as competências matemáticas e analíticas.

O terceiro nível neste percurso através dos ensaios laboratoriais previsto no programa do 11.º ano de Física e Química consiste na construção de modelos que tragam esclarecimento e uma perspetiva crítica sobre o trabalho e seus resultados. Os modelos construídos socorreram-se do *Tracker* e do *Modellus*. Estas duas ferramentas neste aspeto não são concorrentes. Se o *Tracker* permite agregar o modelo ao acontecimento real registado em vídeo, permitindo acompanhar o desenvolvimento do movimento para a frente e para trás no tempo, já o *Modellus* oferece a uma série de possibilidades de exploração, que vão desde a apresentação de múltiplas janelas que permitem a visualização integrada das diferentes representações, até à possibilidade de explorar novos cenários por alteração direta das equações/condições.

4.4 Sugestão 3: Trabalho de Projeto

Um projeto é um desafio, e um desafio só tem consequência quando a parte desafiada aceita o esse compromisso envolvendo-se na procura de respostas e soluções.

O objetivo de um trabalho de projeto pressupõe que o aluno faça a integração das aprendizagens e das competências adquiridas nas diferentes áreas disciplinares, em torno de um tema/problema para o qual quer satisfazer uma necessidade ou obter uma resposta.

O aluno terá que, de forma autónoma ou em grupo, equacionar os vários elementos da problemática em análise, recolher a informação através de pesquisa, desenhar uma metodologia de intervenção e transferi-la para a prática.

O desenvolvimento de um projeto terá que ter como base uma planificação capaz de se poder ajustar às necessidades decorrentes da sua implementação, ou da reavaliação dos objetivos face aos resultados ou constrangimentos.

Face a este enquadramento, fará sentido aplicar esta terceira sugestão metodológica no contexto das atividades extracurriculares, como por exemplo, um Clube de Ciência, e não nas aulas curriculares. Este tipo de empreendimento deve ser procurado pelo aluno que sente o apelo da ciência e dos desafios como forma de se enriquecer e estimular as suas aptidões para a investigação em ciência.

O papel do aluno aqui não consiste em perseguir um determinado resultado escolar, mas o prazer em descobrir, e o papel do professor perfila-se também de forma diferente em relação ao aluno: será um orientador que alinhará o trabalho do aluno com as possibilidades técnicas disponíveis e metodologias de trabalho que possibilitem a consecução dos objetivos do projeto.

A análise digital de vídeo, não envolvendo recursos técnicos dispendiosos, oferece uma miríade de possibilidades de investigação no campo da Física que vão do desporto à segurança rodoviária, até a exploração da veracidade de cenas em filmes, o estudo da astronomia ou dos movimentos aparente da Terra.

4.4.1 Caso estudado: Taxa de rotação solar

O exemplo escolhido para ilustrar a utilização da análise digital de vídeo a trabalhos de projeto consiste na avaliação e estudo da taxa de rotação solar a partir da determinação da velocidade angular das manchas solares durante o período de um mês (Belloni, 2012).

Lord Richard Christopher Carrington determinou, em 1850, a taxa de rotação solar a partir do movimento de manchas solares de baixa latitude (i.e., 26° a partir do equador solar) tendo obtido o valor de 25,380 dias para o período de rotação sideral. O próprio Lord Carrington refere na sua obra a propósito dos registos que efetuou "...these values correspond to the assumed general period of rotation of 25.380 mean solar days, or to a general rotation of 14°11' per solar day." (Carrington, 1863, p. 221). Uma vez que a rotação sideral é avaliada em relação às estrelas, a observação da taxa de rotação solar a partir da Terra, por se encontrar em movimento em torno do sol, assume o valor de 27.275 dias (referido por Sheeley Jr, Nash, & Wang, 1987, p. 494). A rotação do Sol e do movimento orbital da Terra efetuam-se ambos no sentido anti-horário quando vista do norte do plano orbital da Terra, razão pela qual se verifica uma diminuição deste valor em relação à rotação sideral.

Para estudar este efeito fez-se a recolha das imagens solares obtidas pelo **Helioseismic and Magnetic Imager (HMI Continuum)**²⁶, no período compreendido entre as 00h do dia 14 de fevereiro de 2012 até às 16.30h do dia 14 de Março de 2012, a partir do Solar and Heliospheric Observatory (SOHO)²⁷. A periodicidade inicial da amostragem foi de 1:30 h, o que resultava numa elevada quantidade de imagens a processar que, alguns ensaios prévios realizados, mostraram não trazer vantagem ao ensaio. Assim, da totalidade das imagens, foram tomadas apenas uma amostra por dia, cujas datas e horas constam na tabela 2.

As imagens foram renomeadas para SUNSPOT_xx.jpg (i.e., SUNSPOT_01.jpg, SUNSPOT_02.jpg, SUNSPOT_03.jpg, etc.), sendo xx os números de ordem da sequência de imagens colocadas na mesma pasta. Este procedimento permite que o *Tracker*, quando solicitado a importar vídeo, e conduzido à primeira imagem da série, interprete esta imagem como *frame*, carregando as restantes pela ordem numérica definida e obtendo-se deste modo o filme para análise.

²⁶ Instrumento dedicado ao estudo do campo magnético na superfície solar que funciona em contínuo gerando cerca de 1 TByte de informação diária. Este equipamento recorre a filtro de 6173 Å (Angstrom), tendo substituído o anterior *Michelson Doppler Imager (MDI)* no Solar and Heliospheric Observatory (SOHO).

²⁷ Em http://sohodata.nascom.nasa.gov/cgi-bin/data_query

Tabela 2 – Tabela das imagens do sol, e respetivas datas e hora, utilizadas para o estudo apresentado.

Ficheiro	Data:Hora	Ficheiro	Data:Hora
SUNSPOT_01.jpg	2012-02-14; 00.00 GMT	SUNSPOT_17.jpg	2012-03-01; 00.00 GMT
SUNSPOT_02.jpg	2012-02-15; 00.00 GMT	SUNSPOT_18.jpg	2012-03-02; 00.00 GMT
SUNSPOT_03.jpg	2012-02-16; 00.00 GMT	SUNSPOT_19.jpg	2012-03-03; 00.00 GMT
SUNSPOT_04.jpg	2012-02-17; 00.00 GMT	SUNSPOT_20.jpg	2012-03-04; 00.00 GMT
SUNSPOT_05.jpg	2012-02-18; 00.00 GMT	SUNSPOT_21.jpg	2012-03-05; 00.00 GMT
SUNSPOT_06.jpg	2012-02-19; 00.00 GMT	SUNSPOT_22.jpg	2012-03-06; 00.00 GMT
SUNSPOT_07.jpg	2012-02-20; 00.00 GMT	SUNSPOT_23.jpg	2012-03-07; 00.00 GMT
SUNSPOT_08.jpg	2012-02-21; 00.00 GMT	SUNSPOT_24.jpg	2012-03-08; 00.00 GMT
SUNSPOT_09.jpg	2012-02-22; 00.00 GMT	SUNSPOT_25.jpg	2012-03-09; 00.00 GMT
SUNSPOT_10.jpg	2012-02-23; 00.00 GMT	SUNSPOT_26.jpg	2012-03-10; 00.00 GMT
SUNSPOT_11.jpg	2012-02-24; 00.00 GMT	SUNSPOT_27.jpg	2012-03-11; 00.00 GMT
SUNSPOT_12.jpg	2012-02-25; 00.00 GMT	SUNSPOT_28.jpg	2012-03-12; 00.00 GMT
SUNSPOT_13.jpg	2012-02-26; 00.00 GMT	SUNSPOT_29.jpg	2012-03-13; 00.00 GMT
SUNSPOT_14.jpg	2012-02-27; 00.00 GMT	SUNSPOT_30.jpg	2012-03-14; 00.00 GMT
SUNSPOT_15.jpg	2012-02-28; 00.00 GMT	SUNSPOT_31.jpg	2012-03-14; 16.30 GMT
SUNSPOT_16.jpg	2012-02-29; 00.00 GMT		

Sendo uma imagem por dia, teremos 30 *frames*, definindo a duração a um segundo por *frame*, ficamos com o dia como unidade de referência. Definem-se também as restantes referências, como seja a origem do sistema de coordenadas ajustada ao centro da imagem do sol, e estabelecendo a escala com o valor 1 se aplicarmos a fita métrica ao raio do sol ou o valor 2 se pretendermos aferir a escala pelo diâmetro solar.

O momento seguinte consiste em escolher uma mancha solar que se situe sensivelmente a uma latitude próxima dos 26° do equador solar e cujo percurso atravessasse o sol de forma visível ao longo de todo o paralelo solar. Escolhida a mancha, define-se como ponto de massa, e estabelecem-se as suas posições ao longo da trajetória, imagem a imagem.

Para poder ser referenciado de forma inequívoca, sempre que necessário, fez-se uso do respetivo identificador²⁸.

No presente caso escolhi a mancha solar 1420, tendo marcado a sua trajetória do dia 14 de Fevereiro a 24 de fevereiro.

²⁸ Em http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/synoptic/sunspots_earth/ encontramos uma listagem de imagens de manchas solares catalogadas.

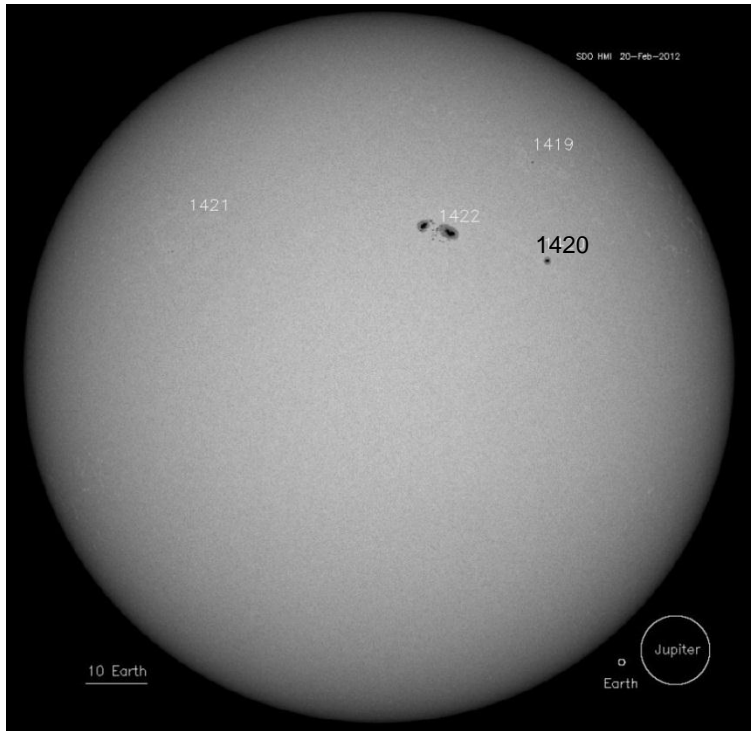


Figura 49 - Manchas solares em 20 de Fevereiro de 2012 (fonte: SOHO/NASA)

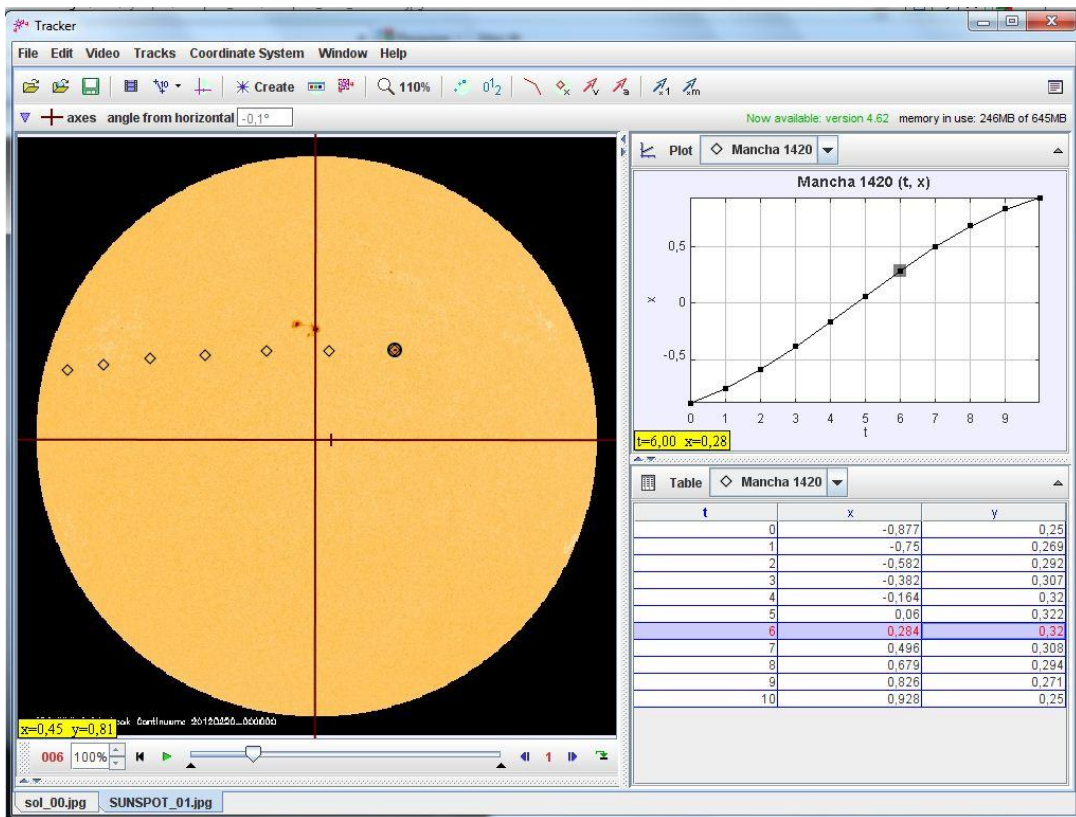


Figura 50 - Análise da posição da mancha 1420 ao longo do tempo.

Dada a configuração esférica do sol, a representação da posição x da mancha solar em função do tempo varia de forma sinusoidal pelo que se procurou o ajuste do conjunto de pontos marcados à equação que descreve a oscilação da mancha solar referida: $x = A \sin(\omega t + c)$. Observando a figura constatamos que a velocidade angular ω , representado na expressão do *Data Tool* do *Tracker* pelo parâmetro b , assume o valor 0,230 rad/dia.

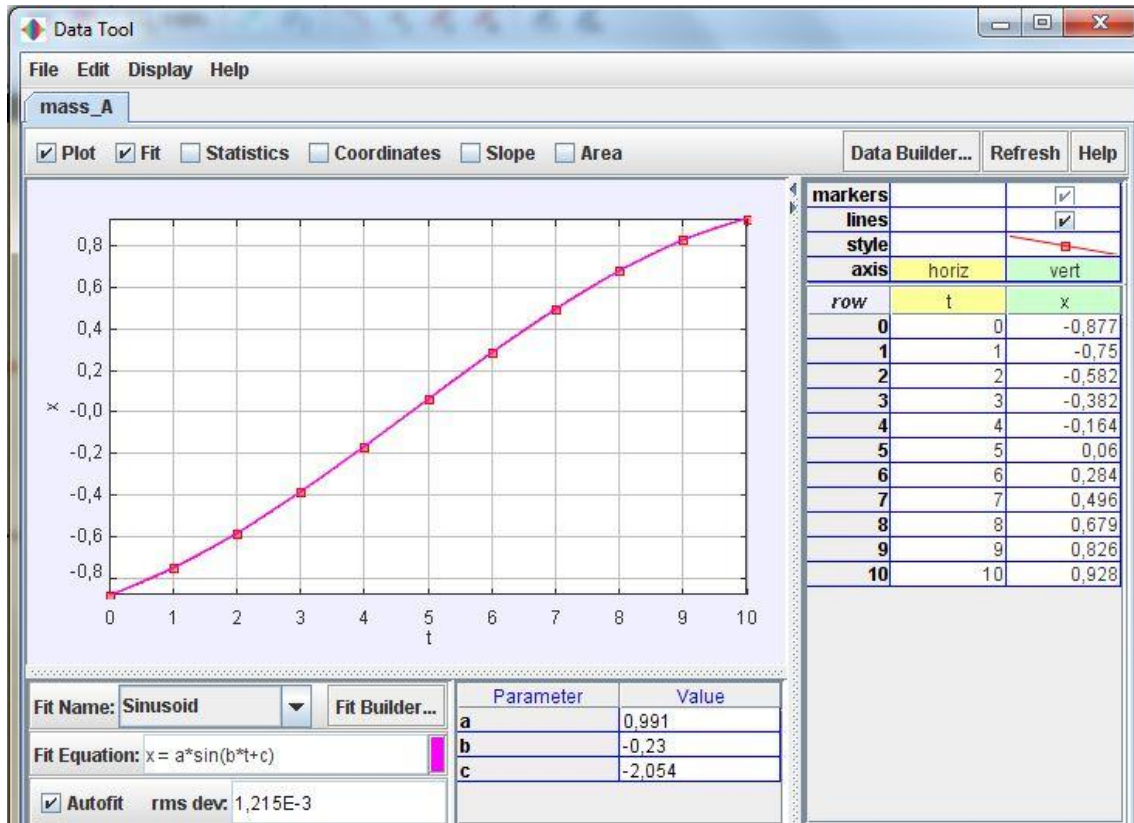


Figura 51 - Análise dos dados com o *Tracker* e ajuste dos pontos à equação de onda.

Sabendo que:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{0,23} = 27,318 \text{ dias}$$

Comparando este valor com o período de referência de 27,275 dias:

$$E_r = \frac{|27,318 - 27,275|}{27,275} \times 100 = 0,158\%$$

Obtivemos um erro relativo francamente baixo, o que valoriza o método que, enquanto trabalho de projeto, reforçaria um conjunto de conceitos e mobilizaria várias competências, neste contexto para alunos vocacionados para o trabalho científico.

Poderiam ter sido estudados aqui, em simultâneo, o comportamento de outras manchas, de modo a estabelecer uma análise comparativa da rotação solar em função da latitude. Seria uma forma de verificar que o sol não apresenta uma rotação homogênea, tendo maior velocidade angular na região equatorial do que a altas latitudes.

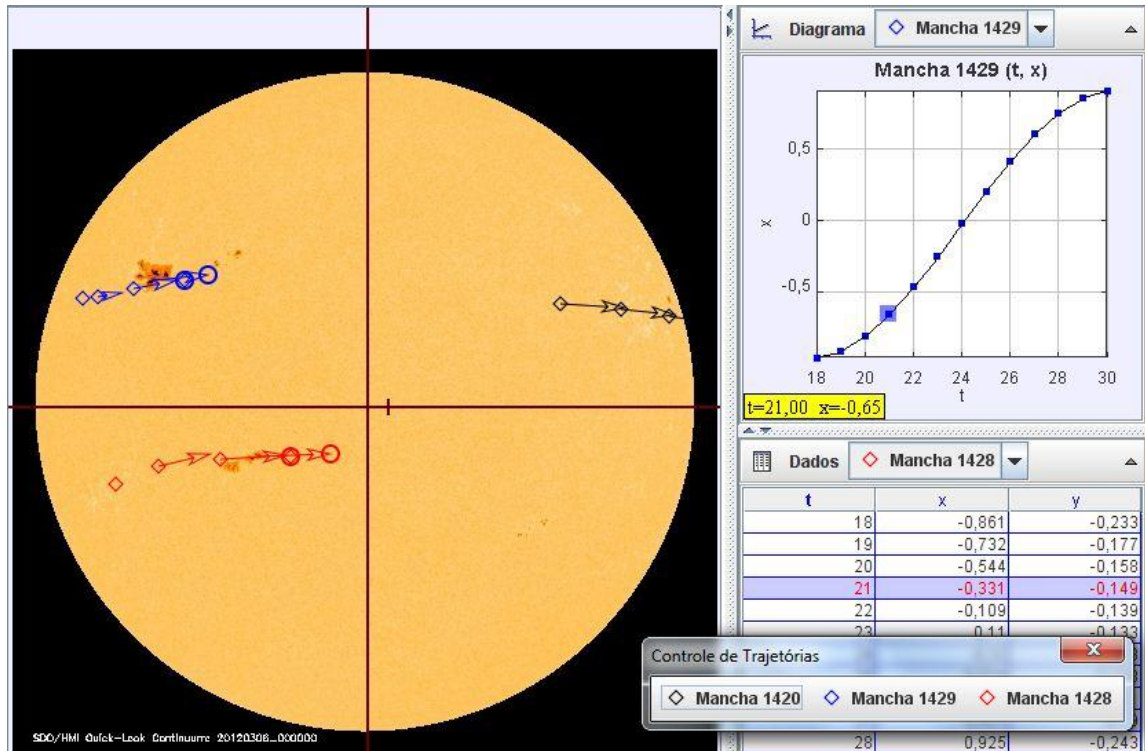


Figura 52 - Análise do comportamento das manchas solares 1420 (preto), 1428 (vermelho) e 1429 (azul).

Poderia ainda ter sido estudado o comportamento da Mancha 1429 (estudada na imagem com cor azul) que esteve na origem da forte tempestade solar, ocorrida entre os dias 07 e 09 de Março de 2012, amplamente referida pela comunicação social face aos efeitos produzidos em equipamentos eléctricos e no funcionamento de satélites. Associado ao mesmo fenómeno estiveram também o aparecimento de auroras boreais devido à tempestade geomagnética produzida, e à forte interação das partículas carregadas na ionosfera nas regiões para onde foram desviadas por ação do campo magnético terrestre.

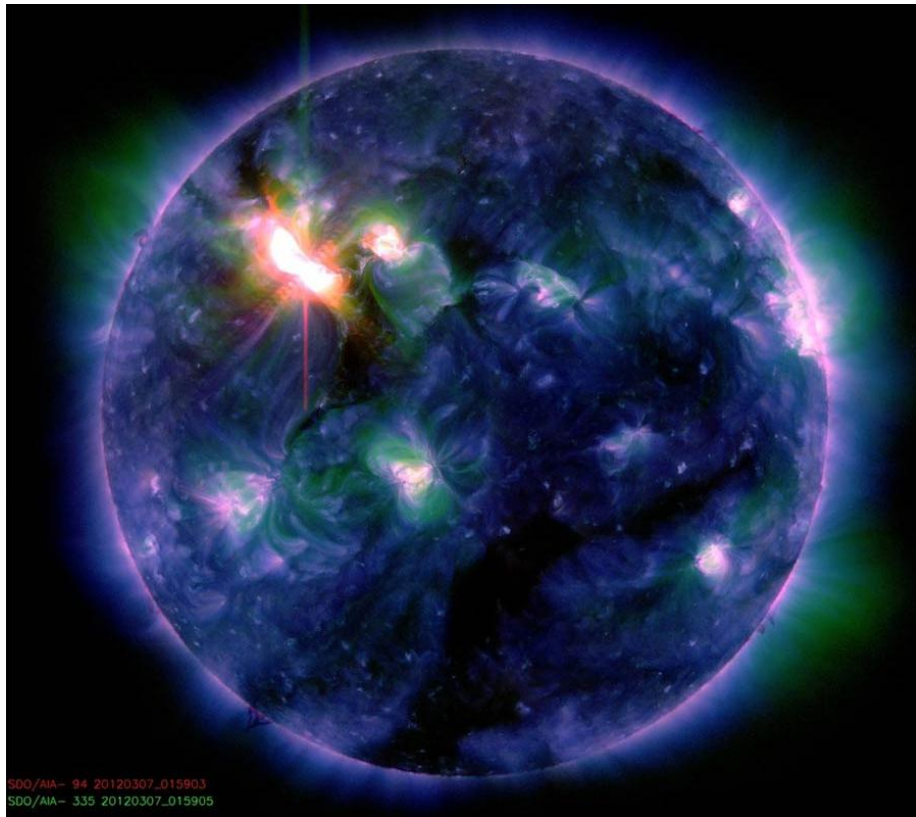


Figura 53 - Mancha 1429 captada pelo satélite Observatório de Dinâmica Solar,SDO (fonte: SDO/ Nasa²⁹)

Poderíamos referir outros exemplos de atividades de projetos extracurriculares com recurso à análise digital de vídeo para clubes de ciência, não necessariamente aplicadas à mecânica.

Douglas Brown ilustra também a utilização da análise digital de vídeo com o *Tracker* em áreas da Física que não a cinemática ou a dinâmica, como é o caso do estudo da expansão térmica por difração de feixe laser em fenda (Brown & Cox, 2009) ou estudo espectral de emissões não térmicas (lasers, tubos de descarga, lâmpadas de fluorescência) a partir de redes de difração, por referência a lasers, vermelho e verde, cujos comprimentos de onda são bem conhecidos (i.e., 633 nm e 543 nm, respetivamente) (Brown, sem data; Brown & Cox, 2009).

O que se procurou com este relato foi ilustrar possibilidades de aproximação do aluno à ciência, a partir de um estudo que recorre à análise digital de vídeo, conduzindo-o à necessidade de saber mais, e integrando conhecimentos de várias áreas. Seguramente que esta forma de viver ciência na escola pelos alunos não arrastará multidões. Contudo será uma

²⁹ Informação colhida em <http://sdo.gsfc.nasa.gov>

janela aberta para aqueles que, não disporo dela, terão que orientar os seus interesses para assuntos, por vezes, de somenos importância.

4.5 Formação de Professores

O potencial didático das estratégias e ferramentas referido ao longo deste trabalho, por muito assertivo que possa ser em relação às dificuldades características dos alunos no estudo da mecânica, se não chegar aos professores, não haverá lugar à mudança de práticas defendidas por muitos investigadores e referidas neste trabalho.

A forma de conduzir o professor à ferramenta/estratégia será através da formação. A enorme carga burocrática a que os docentes hoje estão sujeitos como forma de dar resposta documental a um enorme conjunto de solicitações, obriga os docentes a múltiplas reuniões e múltiplas análises, que tendem a comprometer em demasia o seu tempo, restando muito pouco para a efetiva procura de estratégias conducentes a melhores práticas no ensino da Física.

Aprender implica sempre tempo, dedicação e esforço. Mercê das razões apontadas acima, e do enfoque no cumprimento de metas e objetivos em disciplinas cujos programas muitas vezes desproporcionados face às dificuldades dos alunos, os docentes, tendencialmente, ficam a aguardar que surja uma ação de formação que apresente novas estratégias de atuação em vez de as procurarem de forma autónoma, até porque têm de realizar os créditos impostos à sua carreira profissional.

Com o objetivo de responder, de forma científica e profissional, à oferta tão variada e imprevisível de solicitações, problemas e necessidades de formação proveniente dos educadores e das suas escolas, o Conselho Científico e Pedagógico de Formação Contínua (CCPFC) definiu um conjunto de modalidades de formação que se destinam, todas elas, a melhorar as competências profissionais dos professores. Cada modalidade possui características próprias que a tornam mais adequada e útil para a consecução de um ou vários dos objetivos de formação contínua em detrimento de outros.

Nos modelos centrados nas aquisições (i.e., modalidade de cursos de formação) a formação é orientada para a aquisição de competências técnicas num dado produto, não atendendo aos saberes experienciais nem aos contextos de trabalho. A prática resulta da aplicação da teoria transmitida na formação.

Os modelos centrados nos processos (i.e., modalidade de oficinas de formação) visam a transferência da prática da formação para a situação profissional. Assim, a formação permite a formalização das práticas e potencia as dimensões formativas experienciadas no contexto de formação.

Nos modelos centrados na análise (i.e., modalidade de projetos ou círculo de estudos) dá-se um confronto entre a formalização da prática e um campo teórico, tendo em vista a construção e alargamento do conhecimento.

No caso concreto da formação de professores de Física e Química em análise digital de vídeo e *software* complementar, apesar da modalidade de Oficina de Formação aparentar ser a opção mais lógica pelo maior enfoque na didática da disciplina, há que ter presente que esta abordagem didática pressupõe o domínio das ferramentas e técnicas, conduzindo-nos desta forma a estabelecer numa primeira fase um Curso de Formação. Uma Oficina de Formação poderia ser desejável numa fase posterior.

Assim, para cumprir este propósito, elaborou-se o Plano para um Curso de Formação (em anexo) desenhado para dar a conhecer a abordagem e ferramentas aos professores de Física e Química (grupo 510), que permitam dotar os docentes de competências técnicas que viabilizem a sua inclusão nas suas práticas letivas.

5 – Comentário final

A iliteracia científica dos jovens portugueses, bem patente nos fracos resultados obtidos nos sistemas de avaliação internacional *Tends in International Mathematical and Science Studies* (TIMSS) e *Programme for International Student Assessment* (PISA), comparativamente aos obtidos pelos alunos dos restantes países da OCDE, obrigam a um olhar atento para as dificuldades dos nossos alunos e ao questionamento permanente acerca das razões dessas dificuldades, bem como das estratégias para as ultrapassar.

Se a cultura geral dos nossos alunos, em matéria científica, se encontra muito abaixo dos seus homólogos de outros países, a aprendizagem em Física representará um problema acrescido. São referidas, por muitos autores, as enormes dificuldades registadas pelos alunos na aprendizagem desta disciplina (Alves & Stachak, 2005; Fiolhais & Trindade, 2003; Jimoyiannis & Komis, 2001), o que se tem traduzido num elevado número de reprovações em vários países. Portugal não é exceção, conforme nos mostram os resultados dos exames nacionais do ensino secundário. Os fracos resultados, aliados às dificuldades na compreensão dos conceitos de Física, têm desmobilizado os alunos desta área de particular importância para quem quer seguir estudos superiores em áreas científicas.

Alterar este estado de coisas impõe uma análise profunda que vise a identificação das dificuldades e respetivas causas, e a procura de novas abordagens que as mitiguem produzindo conhecimento significativo nos alunos.

O uso do computador na educação tem sido amplamente estimulado, dispondo as escolas hoje de recursos tecnológicos que deixariam antever uma significativa melhoria dos processos ensino e aprendizagem, o que no presente caso não se tem verificado. O computador tem sido usado, mais como veículo de informação (e.g., apresentações digitais e títulos multimédia), do que como instrumento de construção do conhecimento. Este facto é compreensível se atendermos que à cerca de 15 anos atrás, poucos docentes utilizavam o computador, e só muito recentemente as escolas se apetrecharam como recursos técnicos (e.g., projetores, redes e computadores) de forma a possibilitar o uso do computador na sala de aula.

Passar a uma nova etapa na utilização do computador, como parte de uma didática construtivista, requer por parte dos docentes, não só competências técnicas no uso das

ferramentas informáticas necessárias, como toda uma reformulação didática nas suas práticas educativas de forma a alinhá-las com os processos cognitivos da aprendizagem.

Most importantly, close attention must be paid to the implementation of these tools in ways conducive with cognitive processes of how students learn and retain information in physics. Embedded within this understanding of how students learn physics is the need to know how individual processing styles may affect learning. (Larkin-Hein & Zollman, *sem data*, pp. 4–5)

No caso da Física, das inúmeras conversas que tenho tido ao longo dos anos com os alunos sobre as razões do pouco entusiasmo pela disciplina, estes têm-no justificado por falta de entendimento dos significados e das representações. Para eles é extremamente difícil estabelecer relações entre a representação matemática e o acontecimento físico, por não encontrarem significados físicos para as expressões matemáticas. Assim, procuram resolver os problemas e exercícios por decalque de outros já realizados. Outra das dificuldades, amplamente estudada por Beichner, reside na análise e interpretação dos gráficos em Física, particularmente na Cinemática onde assumem particular importância. Todo este enquadramento permite entender o mau aproveitamento característico nesta disciplina, que só não será pior, porque a muita prática na resolução de exercícios (também necessário) dos alunos mais laboriosos, os leva a desenvolverem mecanismos capazes de dar resposta a um conjunto de problemas nos testes de avaliação, problemas que se inscrevem nas tipologias de outros já realizados na aula.

Muito desejaríamos que, com as «fórmulas», desaparecessem, do estudo elementar desta ciência, aqueles pedaços de gelo que caem do alto sobre superfícies isentas de condutibilidade calorífica, aquelas esferas que rolam sem atrito ao longo de planos inclinados, aquelas barras sem peso que se apoiam em suportes indeformáveis e outras fantasias onde se observa uma única preocupação: substituir as letras das «fórmulas» pelos seus valores numéricos e efetuar as respectivas «contas» (Carvalho, 1952, p. 200)

Nestas circunstâncias não podemos garantir que o bom resultado de um aluno num teste atesta necessariamente a aquisição de conhecimentos e competências em Física.

A Análise Digital de Vídeo proporciona hoje, a baixo custo, condições ímpares para o estudo da Cinemática (entre outras áreas da Física) por permitir que se estabeleçam relações indeléveis entre os eventos físicos e a suas múltiplas representações, nomeadamente as diferentes representações gráficas. A simultaneidade e sincronia entre os gráficos e o movimento em vídeo permitem a sua associação reforçando as aprendizagens e oferecendo menor margem para equívocos. Ficam assim lançadas as pontes conceptuais que ligam o conceito à representação.

O *Tracker*, software utilizado nas sugestões metodológicas apresentadas, permite concretizar as tarefas aqui descritas, acrescentando ainda ferramentas de análise de dados, e ajuste desses dados à respetiva representação matemática. Permite ainda elaborar um modelo capaz

de “dar vida” à representação matemática, animando o respetivo modelo que será ajustado ao vídeo. Este novo ambiente exploratório possibilitará ao aluno cimentar os conceitos através da representação concreta de algo cuja representação era meramente abstrata.

Physics is a process of creating and testing models about the world. Physical quantities like force, energy, time, etc., are abstract mathematical concepts that physicists and engineers use to describe and manipulate the world. Playing with models like those above can help students appreciate the way in which models are built, tested and used, particularly those models that use mathematics as the language of Nature. (Teodoro, 2004, p. 428)

As atividades propostas neste trabalho visam ilustrar a forma de colocar no terreno metodologias com recurso à Análise Digital de Vídeo, seja para a apresentação de conteúdos, seja na exploração das atividades laboratoriais da Unidade Didática 1 e reforço dos seus objetivos, seja ainda para aplicação em atividades de enriquecimento científico orientados para alunos comprometidos com o gosto pela Ciência, na realização de projetos em contexto de Clubes de Ciência. Em todos eles a Análise Digital de Vídeo tem um enorme potencial na aproximação dos conceitos à realidade física dos objetos e seus movimentos, fomentando a sua compreensão e interpretação das representações matemáticas envolvidas. A Análise Digital de Vídeo, para além do seu potencial didático, apresenta-se como estratégia de baixo custo dado que se pode socorrer da mais barata *webcam* ou de um qualquer telefone com câmara de vídeo, e um simples computador, estando por isso ao alcance de qualquer escola e/ou aluno poder explorar a Física por esta via.

Vinte anos de função docente, e a estreita relação que tenho tido com a informática, levam-me a considerar as potencialidades de muitas ferramentas informáticas nos processos de ensino e aprendizagem, buscando estratégias que proporcionem um melhor conhecimento da Física e Química, particularmente quando as mesmas enquadram ambientes construtivistas. A constante evolução das Tecnologias da Informação e Comunicação proporcionam o aparecimento de novas ferramentas, cujo potencial didático importa explorar, por forma a esbater dificuldades bem conhecidas dos estudos de investigação educacional. Foi esta a lógica que presidiu ao presente estudo para obtenção do grau de Mestre no Ensino da Física e Química.

6 – Bibliografia Citada

- Alves, V. C., & Stachak, M. (2005). A importância de aulas experimentais no processo ensino aprendizagem em física: eletricidade. XVI Simpósio Nacional de ensino de Física-SNEF. Universidade do Oeste Paulista-UNOESTE, Presidente Prudente-SP, 1–4.
- Araujo, I. S., Veit, E. A., & Moreira, M. A. (2004). Atividades de modelagem computacional no auxílio a interpretação de gráficos da Cinemática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 26(2), 179–184.
- Beichner, R. J. (1990). The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab. *Journal of research in science teaching*, 27(8), 803–815.
- Beichner, R. J. (1993). *Third Misconceptions Seminar Proceedings (1993)*. Misconceptions Trust, The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750–762.
- Beichner, R. J. (1995). Considering perception and cognition in the design of an instructional software package. *Multimedia Tools and Applications*, 1(2), 173–184.
- Beichner, R. J. (1996). The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. *American Journal of Physics*, 64(10), 1272–1277.
- Beichner, R. J., & Abbott, D. S. (1999). Video-based labs for introductory physics courses. *JCST*, 101-104.
- Belloni, M. (2012). Measurement of the Solar Rotation Rate with Tracker. Open source physics, obtido em Fevereiro, 12, 2012 em <http://www.opensourcephysics.org/items/detail.cfm?ID=11617&Attached=1>.
- Bonafini, F. C., & Claro, U. R. (2002). CBL e calculadora gráfica: novos instrumentos integrando o ensino de Matemática e Física. VI EBRAPEM–Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática, Campinas, nov.
- Brasell, H. (1987). The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity. *Journal of research in science teaching*, 24(4), 385–395.
- Brown, Douglas. (2011). Simulating What You See: Combining computer modeling with video analysis, obtido em Janeiro, 5, 2012 em <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>
- Brown, D. (sem data). Spectroscopy Using the Tracker Video Analysis Program, obtido em 5 de Janeiro de 2012 a partir de <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/> .
- Brown, D. & Cox, A. J. (2009). Innovative uses of video analysis. *The Physics Teacher*, 47, 145.

- Bryan, J. (2006). Technology for physics instruction. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 6(2), 230–245.
- Bryan, J. A. (2010). Investigating the conservation of mechanical energy using video analysis: four cases. *Physics Education*, 45, 50–57. doi:10.1088/0031-9120/45/1/005
- Carrington, R. C. (1863). Observations of the spots on the sun: from November 9, 1853, to March 24, 1861, made at Redhill. Williams and Norgate.
- Carvalho, R. (1952). 2. Questões de Ensino: Considerações sobre o ensino elementar da Física. *Gazeta da Física*, Lisboa, (Vol II; Fascículo 8), 197–200.
- Champagne, A. B., Klopfer, L. E., & Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074.
- Correia, M., & Freire, A. (2009). Trabalho laboratorial e práticas de avaliação de professores de ciências físico-químicas do ensino básico. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 11(1), 128–151.
- Escalada, L. T. (1995). An investigation on the effects of using interactive digital video in a physics classroom on student learning and attitudes. Kansas State University.
- Fiolhais, C., & Trindade, J. (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.
- Fiolhais, C. (2011). A Ciência em Portugal. *Ensaio da Fundação*. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Fiolhais, C., Valadares, J., L. Silva, & Teodoro, V.D. (1995). Física, 11º ano - Manual de Actividades. Lisboa: Didáctica Editora.
- Fleming, M. (1987). Displays and communication. *Instructional technology foundations*, 233–260.
- Fuzer, W. B., & Dohms, E. P. (2008). «Ensinar a pensar» em Física – dois exemplos de aplicação das operações de pensamento de Louis Raths. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 5(2), 61–73.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2008). Do saber fazer ao saber dizer: uma análise do papel da resolução de problemas na aprendizagem conceitual de Física. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 5(1), 53–68.
- Guimarães, G. L., Ferreira, V. G. G., & Roazzi, A. (2001). Interpretando e construindo gráficos. *Anais da ANPED*, obtido em Janeiro, 8, 2012 em http://www.ufrj.br/emanped/paginas/conteudo_producoes/docs_24/interpretando.pdf.
- Hodson, D. (1998). Mini-Special Issue: Taking practical work beyond the laboratory. *International Journal of Science Education*, 20(6), 629–632.
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & education*, 36(2), 183–204.
- Jonassen, D. (1996). O uso das novas tecnologias na educação a distância e a aprendizagem construtivista. *Aberto*, Ano 16 (n.º70), 70-88.

- Jonassen, D. H. (2007). *Computadores, Ferramentas Cognitivas-Desenvolver o pensamento crítico nas escolas*. Porto: Porto Editora.
- Larkin-Hein, T., & Zollman, D. A. (1997). *Digital Video, Learning styles and student understanding*, Tese de Doutoramento apresentada em Kansas State University, United States -- Kansas.
- Leitão, L. I., Dorneles Teixeira, P. F., & Saraiva da Rocha, F. (2011a). A vídeo-análise como recurso voltado ao ensino de física experimental: um exemplo de aplicação na mecânica. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 6(1), 18–32.
- Leite, L. (2001). *Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências*. bookPart. Obtido em Fevereiro, 19, 2012, de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/10295>
- 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*, vol.55, n.º6, 503-513.
- Medeiros, A., & Medeiros, C. F. (2002). Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24, 77-86.
- Ministério da Educação. (2001). Programa de Física e Química A 10^o ou 11^o anos. Ministério da Educação; Departamento do Ensino Secundário. Obtido em Março, 8, 2012 em http://www.dgidec.min-edu.pt/data/ensinosecundario/Programas/fisica_quimica_a_10.pdf
- Ministério da Educação. (2003). Programa de Física e Química A 11^o ou 12^o anos. Ministério da Educação; Departamento do Ensino Secundário. Obtido em Março, 8, 2012 em http://www.dgidec.min-edu.pt/data/ensinosecundario/Programas/fisica_quimica_a_11.pdf
- Moran, J. M. (2008). Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologia. *Informática na educação: teoria & prática*, Vol.3 (n.º1), 137-144.
- National Science Education Standards. (1996). *National Science Education Standards*. Obtido Dezembro 27, 2011, de http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962
- Neves, R. G., & Teodoro, V. D. (2010). Enhancing Science and Mathematics Education with Computational Modelling. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(2), 2–15.
- Peduzzi, L. O. Q. (2008). Sobre a resolução de problemas no ensino da física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 14(3), 229–253.
- Praia, J., Cachapuz, A., & Gil-Pérez, D. (2002). A hipótese ea experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação*, 8(2), 253–262.
- Sheeley Jr, N., Nash, A., & Wang, Y. M. (1987). The origin of rigidly rotating magnetic field patterns on the sun. *The Astrophysical Journal*, 319, 481–502.
- Teodoro, V. (1998). From formulae to conceptual experiments: interactive modelling in the physical sciences and in mathematics. *International CoLos conference new network-based media in education*, 13–22.

- Teodoro, V. D. (1997). Modelação computacional em Ciências e Matemática. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 10(2), 171–182.
- Teodoro, V. D. (2002). *Modellus: learning physics with mathematical modelling* (PhD Thesis). Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa.
- Teodoro, V. D. (2004). Playing newtonian games with Modellus. *Physics education*, 39, 421-428.
- Thomaz, M. F. (2008). A experimentação ea formação de professores de ciências: uma reflexão. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 17(3), 360–369.
- 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.
- Valente, J. A. (1993). Diferentes usos do computador na educação. *Computadores e Conhecimento: repensando a educação*, 1–23.
- Veit, E., & Teodoro, V. (2002). Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2), 87.

7 – Anexos

CONSELHO CIENTÍFICO-PEDAGÓGICA DE FORMAÇÃO CONTÍNUA

APRESENTAÇÃO DE ACÇÃO DE FORMAÇÃO NAS MODALIDADES DE CURSO, MÓDULO E SEMINÁRIO

Formulário de preenchimento obrigatório, a anexar à ficha modelo ACC

2

An2-A

Nº _____

1. DESIGNAÇÃO DA ACÇÃO DE FORMAÇÃO

A análise digital de vídeo e a modelação no ensino da Física

2. RAZÕES JUSTIFICATIVAS DA ACÇÃO E SUA INSERÇÃO NO PLANO DE ACTIVIDADES DA ENTIDADE PROPONENTE

A disciplina de Física e Química tem sido a disciplina com fracos resultados nos exames nacionais do ensino secundário. Particularmente a Física é uma das disciplinas que os alunos mais procuram evitar por a considerarem demasiado abstrata, onde é difícil entender como se casam a matemática com o fenómeno físico, bem como interpretar a linguagem dos gráficos sempre tão presente nesta disciplina.

A análise digital de vídeo e a modelação por serem abordagens que, de forma isolada ou em conjunto, diluem as dificuldades diagnosticadas, merecem ser divulgadas junto dos docentes que lecionam esta disciplina. A análise digital de vídeo (*Digital Video Analysis* ou DVA), recorrendo a vídeos de situações banais do dia-a-dia, permite a recolha de dados a partir dos quais o software elabora os múltiplos gráficos que representam o evento, bem como as expressões matemáticas que o caracterizam. Estas equações não só nos oferecem os diferentes parâmetros físicos do movimento, como nos permitem criar modelos (modelação) passíveis de serem animados no vídeo, estabelecendo assim o paralelo com a representação real.

A modelação, só por si, já é uma ferramenta de elevado interesse didático por permitir observar o comportamento do objeto físico a partir das equações matemáticas que o animam, bem como das diferentes representações gráficas que lhe estão associadas.

Esta abordagem permite ao aluno estreitar ligações entre os acontecimentos físicos e a roupagem matemática que os definem, bem como a compreensão das representações gráficas que lhe são características. Sendo a Física de capital importância para os alunos poderem enfrentar cursos superiores nas áreas das engenharias, importa conhecer e divulgar abordagens facilitadoras através das quais os alunos aprendam efetivamente física, reforcem os conceitos matemáticos associados e adquiram competências nesta disciplina.

3. DESTINATÁRIOS DA ACÇÃO

Docentes do grupo 510.

Os dados recolhidos são processados automaticamente, destinando-se à gestão automática de certificados e envio de correspondência. O preenchimento dos campos é obrigatório pelo que a falta ou inexactidão das respostas implica o arquivamento do processo. Os interessados poderão aceder à informação que lhes diga respeito, presencialmente ou por solicitação escrita ao CCPFC, nos termos dos artigos 27º e 28º da lei nº 10/91 de 19 de Fevereiro. Entidade responsável pela gestão da informação: CCPFC – Rua Nossa Senhora do Leite, nº 7 – 3º - 4 700 Braga.

4. OBJECTIVOS A ATINGIR

1. Refletir sobre o insucesso na disciplina de física e a necessidade de adotar novas estratégias didáticas.
2. Conhecer as aplicações de análise digital de vídeo (Tracker) e suas potencialidades no ensino da Física.
3. Explorar a análise digital de vídeo criando os gráficos característicos do movimento em vídeo.
4. Obter as equações do movimento a partir dos gráficos obtidos.
5. Criar modelos para análise da cinemática.
6. Analisar as abordagens didáticas sobre interpretação física dos resultados

5. CONTEÚDOS DA ACCÇÃO (Discriminando, na medida do possível, o número de horas de formação relativo a cada componente)

Horas	Conteúdos
3T	<ul style="list-style-type: none">• Análise das expectativas dos formandos face à Oficina de Formação.• Definição dos critérios de Avaliação.• Análise de algumas das razões para o insucesso no ensino da Física.• Exemplos ilustrativos das potencialidades do Tracker e do Modellus no ensino da Física.
2T 4P	<ul style="list-style-type: none">• O Tracker : Download e instalação do software (freeware).• O Ambiente de Trabalho do Tracker.• Importação de vídeo e ajustes, aplicação de referencial e escala.• Marcação de posições e construção de tabelas e gráficos.• Aplicação de vetores velocidade e aceleração aos vídeos e recurso a outras ferramentas.
2T 4P	<ul style="list-style-type: none">• Data Tool / Excel• Análise dos gráficos e determinação da expressão matemática que ajusta a cada.• Exportação de dados para o Excel e tratamento da informação .• Construção de modelos matemáticos para os movimentos.
2T 4P	<ul style="list-style-type: none">• Modelação no Tracker :• Modelo analítico de partícula e modelo de partícula dinâmica.• Definição do modelo e colagem do modelo ao vídeo.• Análise comparativa entre o vídeo real e a resposta do modelo matemático do movimento.
1T 2P	<ul style="list-style-type: none">• Modelação com o Modellus :• Apresentação do modellus como aplicação para modelação em Física.• Demonstração de exemplos didáticos já elaborados.• Construção de um modelo exemplo para ilustrar como trabalhar nesta aplicação.
6 P	<ul style="list-style-type: none">• Apresentação de Trabalhos.• Avaliação da Ação

10T
20P
30H

6. METODOLOGIAS DE REALIZAÇÃO DA ACÇÃO (Discriminar, na medida do possível, a tipologia das aulas a ministrar: Teóricas, Teórico/Práticas, Práticas, de Seminário)

Cada conteúdo, será ministrado seguindo um conjunto de passos metodológicos que apresento abaixo:

- Apresentação e demonstração de cada conteúdo, com recurso a exemplos ilustrativos e explicação dos processos.
- Aplicação prática em exemplos simples, por parte dos formandos, ao conteúdo previamente exposto.
- Esclarecimento de dúvidas sobre o conteúdo apresentado e testado.
- Aplicação dos conceitos ao projeto para avaliação.
- Balanço final do tópico para consolidação e reforço das aprendizagens.
- Avanço para o tópico seguinte onde serão repetidos os passos metodológicos acima apresentados.

7. CONDIÇÕES DE FREQUÊNCIA DA ACÇÃO

Presença obrigatória em dois terços das sessões.

8. REGIME DE AVALIAÇÃO DOS FORMANDOS

Participação nas sessões– 30%

Trabalho didático para avaliação, realizado nas sessões, com recurso às aplicações citadas- 70%.

Os formandos serão classificados na escala:

1 a 4,9 valores- Insuficiente

5 a 6,4 valores- Regular

6,5 a 7,9 valores- Bom

8 a 8,9 valores- Muito Bom

9 a 10 valores-Excelente

9. MODELO DE AVALIAÇÃO DA ACÇÃO

A entidade formadora criará instrumentos de avaliação e procederá ao tratamento dos dados recolhidos bem como à divulgação dos resultados.

10. BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL

- Beichner, R. J. (1990). The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab. *Journal of research in science teaching*, 27(8), 803–815.
- Brown, D., & Cox, A. J. (2009). Innovative uses of video analysis. *The Physics Teacher*, 47, 145.
- Escalada, L. T. (1995). *An investigation on the effects of using interactive digital video in a physics classroom on student learning and attitudes*. Kansas State University.
- Riera, J., Monsoriu, J. A., Giménez, M. H., Hueso, J. L., & Torregrosa, J. R. (2003). Using image recognition to automate video analysis of physical processes. *American Journal of Physics*, 71, 1075.
- Struck, W., & Yerrick, R. (2010). The effect of data acquisition-probeware and digital video analysis on accurate graphical representation of kinetics in a high school physics class. *Journal of Science Education and Technology*, 19(2), 199–211.
- Neves, R. G., & Teodoro, V. D. ([s.d.]). Learning Advanced Mathematical Physics Knowledge and Reasoning with Computational Modelling.
- Teodoro, V. D. (2002). *Modellus: learning physics with mathematical modeling*. PhD Thesis; Lisboa:Universidade Nova de Lisboa.

Data ____ / ____ / ____

Assinatura _____