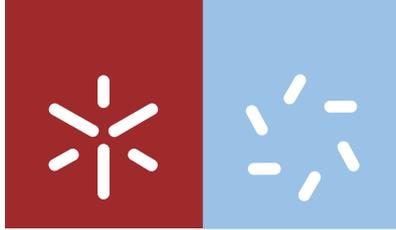


**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

Maria Fernanda Bessa Carvalho Neri

**O ensino e a aprendizagem da Física  
Experimental do 10º ano de escolaridade:  
uma abordagem tecnológica**



**Universidade do Minho**

Escola de Ciências

Maria Fernanda Bessa Carvalho Neri

**O ensino e a aprendizagem da Física  
Experimental do 10º ano de escolaridade:  
uma abordagem tecnológica**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Ciências – Formação Contínua de Professores  
Área de especialização em Física e Química

Trabalho realizado sob a orientação da  
**Professora Doutora Teresa Maria Santos Ribeiro Viseu**

## Declaração

Nome: Maria Fernanda Bessa Carvalho

Endereço electrónico: fernanda.neri@nery.name

Telefone: 963217267

Número do Bilhete de Identidade: 7859602

Título da dissertação: O ensino e a aprendizagem da Física Experimental do 10º ano de escolaridade: uma abordagem tecnológica

Orientador: Doutora Teresa Maria Santos Ribeiro Viseu

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado: Mestrado em Ciências – Formação Contínua de Professores, Área de Especialização em Física e Química.

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

## Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus alunos e a todos aqueles que me inspiram a fazer com que desenvolva a minha prática profissional cada vez melhor.

Ao meu marido e às minhas filhas pelo incondicional carinho e apoio dedicado ao longo do desenvolvimento da tese.

À TEXAS INSTRUMENTS pela cedência de todo o material usado neste projeto.

E por fim um agradecimento especial à minha orientadora por toda a dedicação e energia que dedicou a este projeto. O seu apoio, disponibilidade e conhecimento foi em cada etapa desenvolvendo em mim o gosto por investigar e aperfeiçoar a metodologia.



# O ENSINO E A APRENDIZAGEM DA FÍSICA EXPERIMENTAL DO 10º ANO DE ESCOLARIDADE: UMA ABORDAGEM TECNOLÓGICA

## RESUMO

Tudo o que se faz na sala de aula contribui para a formação dos alunos como futuros cidadãos capazes de resolver desafios, no campo pessoal, social ou mesmo profissional. A forma como concebemos a nossa prática letiva, o modo como incentivamos os alunos, os materiais que utilizamos, são importantes para que estes invistam na sua aprendizagem. Contudo, o elevado número de alunos atribuído a cada professor, o pouco tempo disponível para se permitir que cada aluno prossiga no seu ritmo de aprendizagem, são um entrave para que todos os alunos atinjam o mesmo nível de conhecimentos e ao mesmo tempo. A desmotivação dos alunos para a aprendizagem das Ciências em geral e da Física em particular, associada aos elevados níveis de insucesso levam os alunos a não optarem pela sua aprendizagem. Com poucos incentivos e com poucos recursos muitas vezes deixamos levar pela inércia e pela tradição. Mas são as dificuldades que também servem de desafio – um desafio constante na busca de estratégias motivacionais que possam alterar esta situação e ajudar os alunos a querer aprender.

Este estudo pretende mostrar as potencialidades da tecnologia no ensino da Física, nomeadamente o uso do Lab Cradle, de sensores e do sistema TI-Navigator associados à unidade portátil (calculadora gráfica) TI-Nspire-CX. Pretende-se igualmente mostrar que estas tecnologias podem contribuir para que o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos a ele subjacentes sejam melhor compreendidos pelos alunos. Com este trabalho pretende-se também mostrar que é possível desenvolver nos alunos uma postura ativa na construção da sua própria aprendizagem. Com a tecnologia TI-Navigator quer as aprendizagens dos alunos quer a sua avaliação ficam facilitadas. É uma tecnologia que permite ao professor a monitorização permanente do trabalho desenvolvido por cada aluno quer na aquisição de dados, quer no seu processamento, análise e discussão. Mostra-se ainda que, com esta tecnologia, é possível elaborar questionários que podem orientar o professor no sentido de diagnosticar a existência de concepções alternativas nos alunos ou mesmo de verificar o nível de consolidação de conhecimentos, facilitando a sua correção e a análise estatística dos resultados.

Os resultados da implementação desta metodologia de ensino são promissores. Os alunos mantiveram-se motivados até ao final das aulas e revelaram-se satisfeitos com esta tecnologia que dizem ser de fácil utilização e que consideram uma ajuda quer na aprendizagem quer na avaliação.



## LEARNING AND TEACHING EXPERIMENTAL PHYSICS IN 10TH GRADE: A TECHNOLOGICAL APPROACH

### ABSTRACT

All that is done in a classroom context contributes to the development of students, as future citizens, capable of solving challenges on a personal, social, or even on a professional basis. The way our teaching is perceived, the way our students are encouraged, the materials that are used, all is important for student investment in learning. However, the high average number of students allotted per teacher and the little time available for each student to proceed at his or her own learning pace, are impediments for each and every student to attain the same level at the same time. Students' lack of motivation for the learning of Science in general, and Physics in particular, associated to high levels of underachievement leads students do not opt for their learning. With little incentives and resources, passivity and tradition carry teachers away. But, difficulties are a challenge – a constant challenge in search of motivational strategies that will enable change and allow students to want to learn.

This study intends to demonstrate the potential of technology in the teaching of Physics, namely the use of Lab Cradle, sensors, and the TI-Navigator system associated to the portable unit (graphic calculator) TI-Nspire-CX. It also intends to show that such technology used in laboratorial work, and its underlying theoretical concepts, can contribute to a better understanding of students. This research study also shows that it is possible for students to have an active role in the construction of their own learning. TI-Navigator facilitates student learning and assessment. It is a technology that enables the teacher to permanently monitor the work developed by each student, whether in the acquisition of data, whether in its processing, analysis and discussion. It also demonstrates that by using this technology it is possible to elaborate questionnaires which can orientate the teacher in the diagnosis of students' alternative conceptions, or verify the level of knowledge consolidation, facilitating its correction and the statistical analysis of results.

The outcomes of the implementation of such teaching methodology are promising. Students keep motivated during the entire lesson and claim to be satisfied with such technology, which they say is easy to use and consider to be an aid to learning and assessment.



# ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Lista de Tabelas .....	xi
Listas de Figuras .....	xi
CAPÍTULO I .....	13
Revisão de Literatura .....	13
1.1.    A Didática das Ciências ao longo dos anos.....	13
1.2.    A relevância do trabalho experimental no Ensino das Ciências.....	17
1.3.    O papel das Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino das Ciências.....	21
1.4.    A Avaliação no processo de Ensino-Aprendizagem .....	23
CAPÍTULO II .....	25
Apresentação do estudo: metodologia, materiais, instrumentos e amostra .....	25
2.1.    Metodologia seguida na investigação .....	25
2.2.    Material utilizado na investigação.....	27
2.2.1.    Calculadoras Gráficas .....	27
2.2.2.    Lab Cradle .....	28
2.2.3.    TI Nspire Navigator–CX.....	29
2.2.4.    Sensores.....	32
2.3.    Instrumentos usados na investigação .....	33
2.3.1.    Protocolos Experimentais.....	33
2.3.2.    Questionários.....	34
2.4.    Descrição e caracterização da amostra.....	34
CAPÍTULO III .....	39
Implementação da Metodologia Proposta e sua Avaliação .....	39
Desenvolvimento das atividades prático-laboratoriais .....	42
AL 0.1 – Rendimento no aquecimento.....	42
AL 1.1 – Absorção e emissão de radiação .....	52
AL 1.2 – Energia fornecida por um painel fotovoltaico .....	56

AL 1.3 – Capacidade Térmica Mássica .....	63
AL 1.4 – Balanço energético num sistema termodinâmico .....	69
AL 2.1 – Energia Cinética ao longo de um plano inclinado.....	76
AL 2.2 – Bola Saltitona .....	81
AL 2.3 – Atrito e variação da Energia Mecânica .....	88
CAPÍTULO IV .....	97
Conclusão.....	97
BIBLIOGRAFIA .....	103
Referências Bibliográficas .....	103
Outra bibliografia consultada.....	105
ANEXOS .....	109
Anexo 1 – AL 0.1 – Rendimento no aquecimento .....	111
Anexo 2 – AL 1.1 – Absorção e Emissão de Radiação .....	114
Anexo 3 – AL 1.2 – Energia fornecida por um painel fotovoltaico.....	116
Anexo 4 – AL 1.3 – Capacidade Térmica Mássica .....	119
Anexo 5 – AL 1.4 – Balanço energético num sistema termodinâmico.....	121
Anexo 6 – AL 2.1 – Energia cinética ao longo de um plano inclinado.....	124
Anexo 7 – AL 2.2 – Bola Saltitona .....	126
Anexo 8 – AL 2.3 – Atrito e variação da Energia Mecânica .....	128

## Lista de Tabelas

Tabela.1.1 – Algumas concepções alternativas e respetivos modelos históricos (extraído de Santos, 1992).....	14
Tabela 1.2 - Competências a desenvolver em cada AL de acordo com o programa de FQ-A de 10º ano.	20
Tabela 2.1 - Resultados dos alunos das turmas A, B e C nos exames de 9º ano.....	35
Tabela 2.2 - Resultados no final do 1º período, à disciplina de Física e Química A.....	36
Tabela 2.3 - Resultados no final do 1º período, à disciplina de Matemática.....	36
Tabela 2.4 - Resultados no final do 2º período, à disciplina de Física e Química A.....	36
Tabela 2.5 - Resultados no final do 2º período, à disciplina de Matemática.....	36
Tabela 2.6 - Resultados no final do 3º período, à disciplina de Física e Química A.....	37
Tabela 2.7 - Resultados no final do 3º período, à disciplina de Matemática.....	37
Tabela 3.1 - Atividades Laboratoriais da componente de Física (Programa de Física de 10º ano) .....	39

## Listas de Figuras

Figura 1.1 - Resumo das características principais das concepções alternativas. ....	14
Figura 1.2 - Resumo das características principais do ensino por pesquisa.....	15
Figura 1.3 - Tipos de obstáculos à integração das TIC no processo de ensino e aprendizagem (Extraído de Moreira Loureiro e Marques, 2005) .....	22
Figura 2.1 – Alunos usando a tecnologia TI - Navigator.....	26
Figura 2.2 – Alunos consultando o manual.....	26
Figura 2.3 – Fotografia da unidade portátil TI-Nspire-CX .....	27
Figura 2.4 – Esquema de funcionamento da unidade portátil TI-Nspire-CX .....	28
Figura 2.5 – Fotografias do Lab Cradle mostrando as três entradas analógicas (esquerda) e as duas digitais (direita) .....	29
Figura 2.6 – Sistema TI–Nspire Navigator–CX.....	29
Figura 2.7 – Quadro dos resultados obtidos nas respostas a uma questão feita através do sistema TI - Navigator .....	30
Figura 2.8 – Print Screen do monitor do computador da professora mostrando, em simultâneo, os ecrãs das unidades portáteis de seis alunos.....	31
Figura 2.9– Portefólio global de um grupo de alunos .....	32
Figura 2.10 – Alguns dos sensores utilizados ao longo das aulas laboratoriais .....	32

Figura 2.11 – Ocupação dos tempos livres dos alunos .....	35
Figura 2.12 – Excertos dos comentários escritos pelos alunos relativamente à forma como decorreram as aulas laboratoriais de Física .....	38
Figura 3.1 – Metodologia seguida nas aulas prático-laboratoriais.....	41
Figura 3.2 – Exemplo de uma resposta à questão Q8 do questionário 1.....	45
Figura 3.3 – Resultados das respostas ao questionário 1 .....	46
Figura 3.4 – Exemplo de uma resposta à questão Q5 do questionário 2.....	46
Figura 3.5 – Resultados das respostas ao questionário 3 .....	51
Figura 3.6 – Gráfico da temperatura ao longo do tempo no interior de duas latas, uma branca e outra preta .....	52
Figura 3.7 – Resultados das respostas ao questionário 4 .....	55
Figura 3.8 – Representação do número médio anual de horas de insolação em Portugal Continental ....	57
Figura 3.9 – Gráfico mostrando a relação entre a intensidade da corrente e a diferença de potencial nos terminais da resistência, para valores de resistência crescentes.....	58
Figura 3.10 – Gráfico mostrando a variação da intensidade da corrente (linha azul) e da potência (linha a vermelho) com a tensão de funcionamento do circuito.....	59
Figura 3.11 – Resultados das respostas dos alunos do turno 2 ao questionário 5 .....	63
Figura 3.12 – Resultados das respostas dos alunos do turno 1 ao questionário 6 .....	68
Figura 3.13 – Resultados das respostas dos alunos do turno 1 ao questionário 7 .....	75
Figura 3.14 – Diagrama de forças de um corpo num plano inclinado sujeito apenas à força gravítica $P$	76
Figura 3.15 – Resultados das respostas dos alunos do turno 1 ao questionário 8 .....	81
Figura 3.16 – Resultados das respostas dos alunos do turno 2 ao questionário 9 .....	87
Figura 3.17 – Diagrama de forças que atuam num bloco sobre uma superfície horizontal e sobre um plano inclinado com atrito. ....	88
Figura 3.18 – Resultados das respostas dos alunos do turno 1 ao questionário 10 .....	96
Figura 4.1 - Relatos de alunos relativos ao uso da tecnologia TI-Navigator.....	98
Figura 4.2 – Resultados de questões com nome dos alunos .....	100
Figura 4.3 – Testemunhos dos alunos sobre as vantagens de utilização da tecnologia TI-Navigator.....	102

# CAPÍTULO I

## Revisão de Literatura

### 1.1. A Didática das Ciências ao longo dos anos.

O ensino das ciências tem sofrido diversas evoluções no decorrer dos tempos.

Até à década de 70 vigorou o **ensino por transmissão**. Esta metodologia de ensino baseava-se na aquisição de conhecimentos pelos alunos e partia do pressuposto de que os alunos eram isentos de qualquer saber. Assim, o professor apresentava aos alunos os conteúdos, e estes por sua vez armazenavam no seu cérebro os conceitos adquiridos. Ao aluno bastava registrar, armazenar e reproduzir o que lhe era transmitido. Neste modelo o pilar da aquisição de conhecimentos é a memorização e o ritmo de aprendizagem tem de ser uniforme, não se atende às diferenças existentes entre os alunos. O professor rege-se apenas pelo currículo formal e pelo manual escolar. A avaliação é do tipo normativo e medirá o nível de conceitos arquivados na memória do aluno (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

A evolução científica e tecnológica que entretanto ocorreu criou uma insatisfação face a este modelo de ensino que passou a ser considerado desatualizado e descontextualizado. Assim, a partir da década de 70 este modelo dá lugar à **aprendizagem por descoberta**. Neste modelo o aluno, partindo da observação, pode aprender por si próprio os conceitos científicos. Neste paradigma de ensino os trabalhos experimentais assumem um papel fundamental, pois o conhecimento deriva da experiência. O aluno através dos trabalhos experimentais e seguindo o método científico descobre novos factos, interpreta-os e constrói ideias. O professor tem como função organizar as situações de aprendizagem. “O aluno assume um papel de cientista” (Cachapuz, 1992). Contudo, e conforme também é dito em Cachapuz, 1992, a pretensão de que o aluno possa descobrir todos os conceitos por si próprio é uma ilusão pois o professor, no seu papel de organizador de atividades, traça um caminho linear e sequencial, direcionando as “descobertas” a fazer pelo aluno.

No final da década de 80 esta forma de aprendizagem, com grande ênfase intuitiva, começa a ser questionada. Critica-se também a pretensão de que o aluno seja capaz de construir o seu próprio conhecimento, “aluno cientista” a partir do zero, ignorando-se e subestimando-se a natureza e origem dos conceitos já adquiridos pelo aluno na sua vivência com a sociedade em que está integrado.

Questionando-se a eficiência deste modelo de educação, surge então o modelo de **ensino por mudança conceptual**, em que se parte do princípio que o aluno possui um saber já construído (saber este

adquirido antes). Quanto mais estruturado estiver esse conhecimento mais difícil é a mudança conceptual pois o aluno, por vezes, terá de abandonar “certezas” estruturadas na sua racionalidade própria. Na tabela 1.1 ilustram-se algumas concepções alternativas cimentadas em modelos históricos, desatualizados, da Ciência. Estes conhecimentos têm em comum o facto de serem intuitivos, generalistas e baseados nos sentidos.

Concepções alternativas	Modelo histórico da Ciência
Descrição do calor como substância	Teoria do Calórico
Explicação do movimento devido a uma força inerente ao objeto que atua no sentido do movimento	Teoria pré-galileana do «Impetus»
Representações da Terra como uma plataforma plana com o céu por cima	Modelo de Thales de Mileto

Tabela.1.1 – Algumas concepções alternativas e respetivos modelos históricos (extraído de Santos, 1992)

A figura 1.1 mostra um esquema ilustrando as características mais importantes das concepções alternativas percebendo-se porque é que estas são tão difíceis de desmontar.

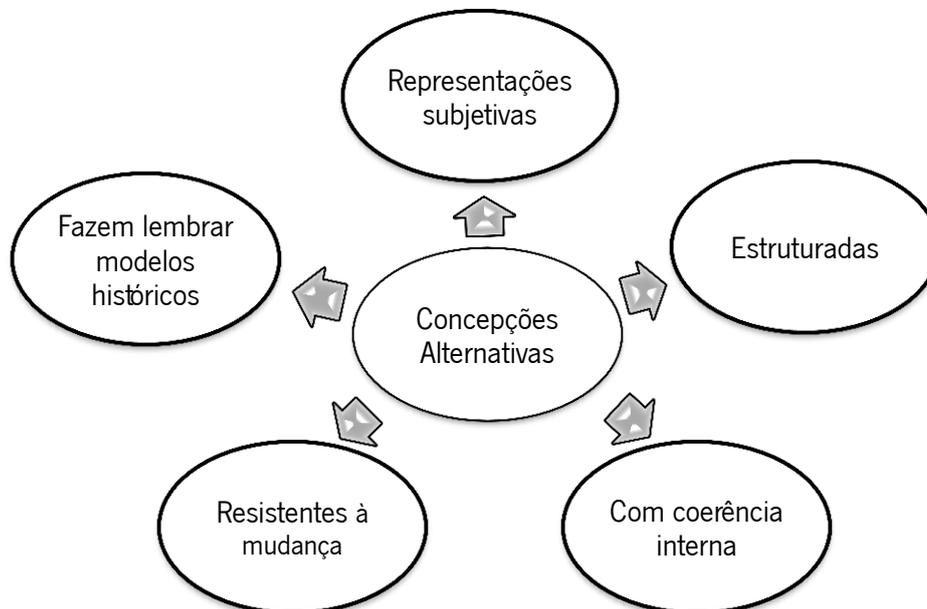
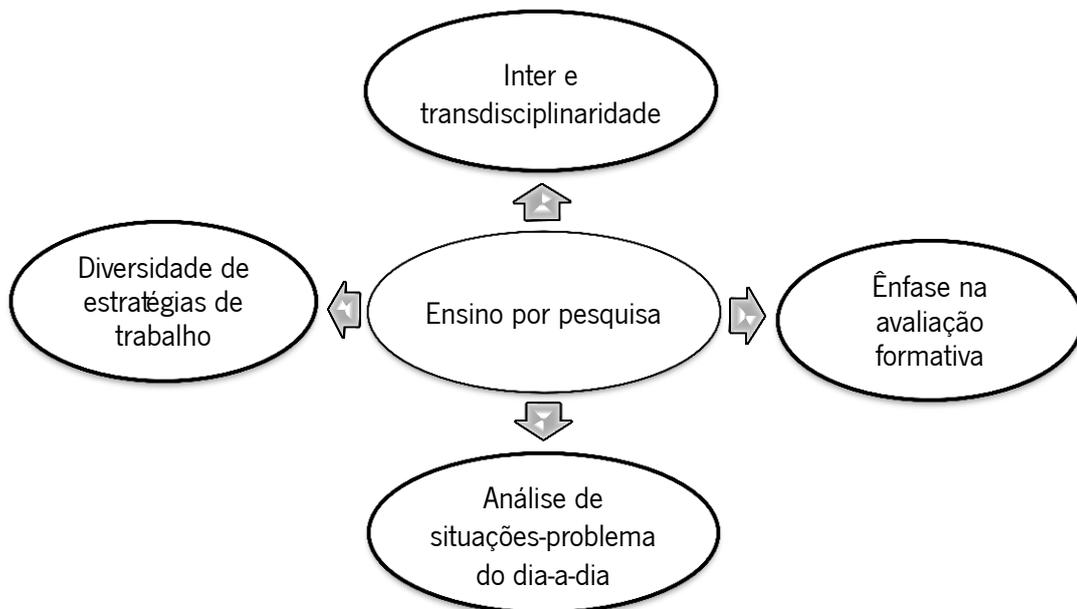


Figura 1.1 - Resumo das características principais das concepções alternativas.

Apesar das concepções alternativas serem, por vezes, um entrave à aquisição de novos conhecimentos também podem ser usadas como forma de motivação para o que os alunos vão aprender. O professor deve então fazer uma inventariação das concepções alternativas dos alunos sobre determinado assunto e promover a sua discussão, no sentido de gerar insatisfação e conduzir os alunos à necessidade de reconstruírem as suas ideias sobre o assunto em questão. Neste modelo de ensino o erro assume um papel positivo, pois é a partir dele que o aluno cria o conhecimento científico (Cachapuz, Praia & Jorge, 2002). Sempre que possível o professor deve mostrar como é que as novas ideias permitem explicar situações da vida diária ou como é que elas se podem evidenciar através do trabalho experimental, fazendo com que o aluno se sinta motivado a aprender. O trabalho experimental é assim um instrumento muito importante, pois os alunos vêem que as ideias que possuíam eram incorretas aceitando assim refutá-las e aderindo facilmente aos novos conceitos.

O ensino por mudança conceptual constituiu um avanço no Ensino das Ciências contudo, o seu impacto foi limitado. A evolução tecnológica e a melhoria da qualidade de vida das populações, a escassez de recursos e os problemas ecológicos que põe em causa a sobrevivência das pessoas na Terra, tornaram necessária a existência de uma política educativa que prepare alunos numa perspetiva alargada de **Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS-A)**. Esta visão transversal da Ciência tem sido desenvolvida com base num **ensino por pesquisa**, cujas características principais se mostram na figura 1.2.



*Figura 1.2 - Resumo das características principais do ensino por pesquisa.*

Os currículos atuais centram-se cada vez mais numa vertente CTS-A devido à necessidade de compreender os conceitos científicos e as aplicações tecnológicas. Procura-se aproximar a escola e a vida, ligar o ensino das ciências ao contexto de vida do aluno, e aumentar o seu grau de motivação relativamente a um ensino baseado principalmente na memorização de leis e conceitos que pouco ou nada tem contribuído para a formação completa dos alunos como membros interventivos na sociedade. Segundo Cachapuz, Praia & Jorge, (2002) no ensino CTS-A o professor promove o debate sobre situações problemáticas, fomentando a criatividade e o envolvimento dos alunos, organiza os processos de partilha, interação e reflexão, promovendo o trabalho em grupo e intergrupos. A aprendizagem CTS-A ajuda os alunos na aquisição de conceitos e na capacidade de utilização de competências. Os alunos melhoram a sua capacidade crítica e usam os conceitos e os processos para justificar e resolver situações do dia-a-dia. A metodologia CTS-A aumentará a autoconfiança dos alunos como membros interativos e interventivos na sociedade, promovendo-se a sua responsabilidade por um futuro melhor. O ensino CTS-A associado a uma filosofia de ensino baseada na resolução de problemas, obriga os alunos a um trabalho de pesquisa e de reflexão quer sobre os meios que conduzem à solução, quer sobre os resultados, retirando-se assim peso à atividade rotineira de resolução de exercícios. O aluno torna-se mais crítico e curioso. No entanto, para que este tipo de ensino seja possível o aluno tem de possuir os pré-requisitos mínimos, já que é necessária a existência de conhecimentos de base para se poderem estruturar ideias (Valadares e Pereira, 1991). Toda a aprendizagem está relacionada com as capacidades de raciocínio do aprendiz. O professor pode ajudar o aluno a entender os conceitos mas é o aluno que tem de entendê-los. O aluno não deve estar simplesmente a receber os conceitos mas sim a procurar percebê-los – é isto que se entende por uma aprendizagem significativa.

Resumindo, as formas de ensino devem ser diversificadas, dependendo dos temas e do tipo de alunos, mas devem transmitir uma visão global da CTS-A (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). A aprendizagem deve ser significativa e baseada em situações e problemas do dia-a-dia do aluno. Há que começar por indagar os conhecimentos prévios do aluno relativamente a determinado conteúdo e depois apresentar questões-problema fazendo o aluno sentir que os desafios propostos são alcançáveis. Passa-se para uma fase de discussão em que se criam conflitos cognitivos entre os conhecimentos prévios do aluno e as evidências científicas/experimentais da situação-problema. Nesta fase de discussão, quase sempre oral, é importante que o professor esteja atento para verificar se todos os alunos explanam os seus pontos de vista ou se há alunos que nunca participam na discussão. Finalmente o professor deve fazer, de forma apelativa e significativa, uma súmula dos conceitos.

A introdução de novos conceitos é facilitada por esta sequência metodológica de ensino. O aluno sente vontade de explorar, de ampliar os seus conhecimentos de forma a encontrar a resposta ao seu problema. A aprendizagem resulta assim de um processo de construção que fomenta a autonomia do aluno, onde o professor é um orientador das aprendizagens. O professor tem de fazer uma planificação flexível das aulas de modo a adaptar-se às necessidades e ao ritmo dos alunos, interagindo com as suas contribuições. Segundo Zabala (2007) o professor deve ser capaz de oferecer ajudas adequadas, promover no aluno atividade mental autoestruturante para que este faça a correspondência ao novo conteúdo, atribuindo-lhe significado. Investigações disponíveis mostram que experiências de aprendizagens escolares bem sucedidas e gratificantes para o aluno se traduzem por um aumento significativo de confiança (Peixoto, 1995).

## 1.2. A relevância do trabalho experimental no Ensino das Ciências

Os jovens de hoje cresceram na era digital, com acesso facilitado desde que nasceram a instrumentos como televisão, telemóvel, computador, internet, consolas de jogos, etc. Segundo um estudo apresentado por Paulo Dias da Universidade do Minho in Costa & al (2008), 92% dos jovens inquiridos com idades compreendidas entre os 15 e os 19 anos afirmam-se como utilizadores de computadores, e 82% como utilizadores da internet. É uma geração habituada à ação e à ação virtual, uma geração que dificilmente se consegue concentrar por um tempo razoável numa determinada atividade, como diz Paiva e Morais in Costa & al (2008), especialmente se essa atividade consistir em **ouvir, ver e observar**, isto é, se a atividade consistir em **receber**. E todos os professores sabem isto – os alunos revelam-se mais participativos se estiverem a **“fazer”**. É uma geração que procura constantemente o lúdico, os desafios, mas é também uma geração que tem curiosidade e espírito criativo. Para esta geração o ensino tem de ser criativo, lúdico, interativo. Nas Ciências esta interatividade consegue-se, por exemplo, recorrendo ao trabalho experimental.

Acredita-se que o trabalho experimental tem um enorme potencial na aprendizagem, no entanto os resultados dos alunos nos exames nacionais parecem não mostrar uma melhoria das aprendizagens associada ao trabalho experimental (Paiva & al., 2012). De acordo com os mesmos autores talvez falem algumas competências aos professores de forma a explorarem e rentabilizarem adequadamente todo o potencial do trabalho prático na aprendizagem significativa dos alunos. O professor tem de construir protocolos interativos e instrumentos de observação e de avaliação do trabalho experimental adequados;

tem de usar as novas tecnologias, nomeadamente *softwares* didáticos, simulações, aquisição automática de dados (usando interfaces e sensores), calculadoras gráficas; tem de promover uma adequada dinâmica de grupos onde os alunos se sintam motivados para apresentar e discutir ideias. Em suma: as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) têm de ser usadas nas escolas não apenas como ferramentas, mas como um elemento (uma oportunidade) para inovar os métodos de ensino-aprendizagem, já que representam um poderoso meio de implementação de estratégias de aprendizagem construtivista (José Luís Ramos in Costa & al , 2008).

O Trabalho Experimental (TE) aparece muitas vezes designado como Trabalho Prático (TP) ou como Trabalho Laboratorial (TL) no entanto, segundo Dourado (2002), estes termos não são sinónimos – trabalho prático implica o envolvimento dos alunos em atividades de pesquisa de informação em fontes diversas com vista ao planeamento de uma estratégia de resolução do problema em causa e pode ser feito em qualquer espaço – sala de aula, laboratório ou mesmo fora da escola. O trabalho laboratorial é o trabalho realizado efetivamente no laboratório com o envolvimento ativo dos alunos, como medir, registar, observar, analisar, representar resultados, formular hipótese, concluir. O significado atribuído a trabalho experimental é mais lato e engloba estes dois últimos.

O trabalho experimental tem sempre acompanhado a evolução do ensino das Ciências. No ensino por transmissão o trabalho experimental serve apenas para verificação do que o professor já “ensinou”. No ensino por descoberta o aluno aprende a partir do trabalho experimental. Entre um extremo e o outro estará o equilíbrio, uma estratégia de ensino em que o trabalho experimental é muito importante como recurso didático capaz de motivar os alunos, desenvolvendo-lhes o interesse pela Ciência e facilitando a mudança conceptual. O trabalho experimental é assim um bom veículo para o ensino das Ciências, *“A Educação em Ciências não só contribui para a formação do indivíduo como cidadão mas torna-o também futuro construtor dos saberes e agente ativo da sua própria formação na medida em que lhe fornece métodos e instrumentos de análise do real.”* (Serra e Alves, 2002).

O ensino das Ciências tem assim como principal pretensão a formação de cidadãos informados, científica e tecnologicamente, cidadãos capazes de falar e compreender os assuntos da atualidade. O ensino das Ciências está também orientado para o ensino dos valores da ciência, para uma ciência mais humanizada, mais preocupada com o bem-estar das populações e com o ambiente.

Na atualidade o trabalho experimental no ensino das Ciências é uma das grandes preocupações da comunidade científica porque se verifica que nem sempre os professores das Ciências o

implementam de acordo com o perspectivado nos programas curriculares. Segundo Gomes (2006) apesar da importância que os programas portugueses dão à experimentação, tem havido um desequilíbrio grande entre a teoria e a prática, sendo este um fator que contribui para o insucesso dos alunos. O pequeno peso dado à componente experimental nos exames nacionais tem contribuído para a não realização, por parte de muitos professores, das atividades laboratoriais, mas também a falta de ações de formação adequadas faz com que muitos professores não estejam atualizados e não se sintam capazes de explorar convenientemente a componente prática dos programas. No entanto, como é referido no programa de Física e Química A (FQ-A) de 10º ano, o Trabalho Experimental é fundamental para a formação em Ciências e para a construção duma cultura científica. É portanto urgente levar a cabo ações de formação/dinamização que aproximem os professores do laboratório.

O programa atual de FQ-A de 10º ano preconiza um ensino com um forte cariz experimental e com uma visão global de Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente com vista à compreensão do mundo na sua globalidade e complexidade, como se pode verificar pela natureza das questões-problema escolhidas como ponto de partida para todas as atividades laboratoriais. São questões-problema do quotidiano familiar dos alunos e que servem de ponto de partida para o professor organizar estratégias de ensino/aprendizagem que conduzirão o aluno à necessidade de esclarecer conteúdos e processos de Ciência e de Tecnologia, bem como de os relacionar com a Sociedade e com o meio ambiente. A aprendizagem de conceitos não é assim o ponto de partida mas sim o ponto de chegada.

Ainda de acordo com o atual programa de FQ-A de 10º ano, com a realização e avaliação das atividades prático-laboratoriais pretende-se desenvolver nos alunos competências do tipo processual (A), conceptual (B) e ainda competências do tipo social, atitudinal e axiológico (C). As competências do tipo social, atitudinal e axiológico são transversais a todas as atividades laboratoriais e consistem em:

Ser responsável e respeitar o cumprimento de normas de segurança;

Adequar o seu ritmo de trabalho ao ritmo de trabalho dos outros elementos do grupo.

Trabalhar de forma ativa e cooperante, em grupo, com vista à apresentação de um produto final;

Utilizar diversos meios para aceder e apresentar informação, nomeadamente as TIC;

Apresentar os resultados obtidos e discuti-los na turma;

Refletir sobre as suas opiniões.

Na tabela 1.2 são especificadas as competências de tipo processual (A) e de tipo conceptual (B) a desenvolver em cada atividade laboratorial.

Competência		Atividade Laboratorial (AL)							
		0.1	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3
A	Selecionar material de laboratório					x		x	
	Construir a montagem da experiência a partir de um esquema ou de uma descrição	x	x	x	x		x	x	x
	Identificar material e equipamento de laboratório e conhecer a sua função	x		x			x	x	x
	Respeitar as normas de segurança na manipulação de material e equipamento	x		x	x		x		x
	Registar e organizar dados de observações	x	x	x	x	x	x	x	x
	Exprimir um resultado com algarismos significativos compatíveis com as condições da experiência e afetado da respetiva incerteza absoluta.		x	x	x	x	x	x	x
	Realizar técnicas previamente ilustradas ou demonstradas			x	x				x
B	Fazer o plano da experiência de modo a dar resposta a uma questão-problema					x		x	
	Analisar os resultados com base num modelo ou num quadro teórico	x			x	x		x	x
	Interpretar os dados obtidos confrontando-os com as hipóteses de partida	x		x	x	x			
	Debater os limites de validade dos resultados obtidos tendo em conta o observador, os instrumentos e a técnica usada				x		x		
	Reformular a planificação da experiência a partir dos resultados obtidos								
	Identificar as causas que poderão afetar um dado fenómeno e planificar modo(s) de as controlar	x		x				x	
	Formular uma hipótese tendo em conta a variação de um dado parâmetro		x	x				x	
	Apresentar os resultados por escrito ou oralmente	x	x	x	x	x	x	x	x

AL 0.1 – Rendimento no aquecimento

AL 1.4 – Balanço energético num sistema termodinâmico

AL 1.1 – Absorção e emissão de radiação

AL 2.1 – Energia cinética ao longo de um plano inclinado

AL 1.2 – Energia elétrica fornecida por um painel fotovoltaico

AL 2.2 – A bola saltitona

AL 1.3 – Capacidade térmica mássica

AL 2.3 – O atrito e a variação de energia mecânica

Tabela 1.2 - Competências a desenvolver em cada AL de acordo com o programa de FQ-A de 10º ano

### 1.3. O papel das Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino das Ciências

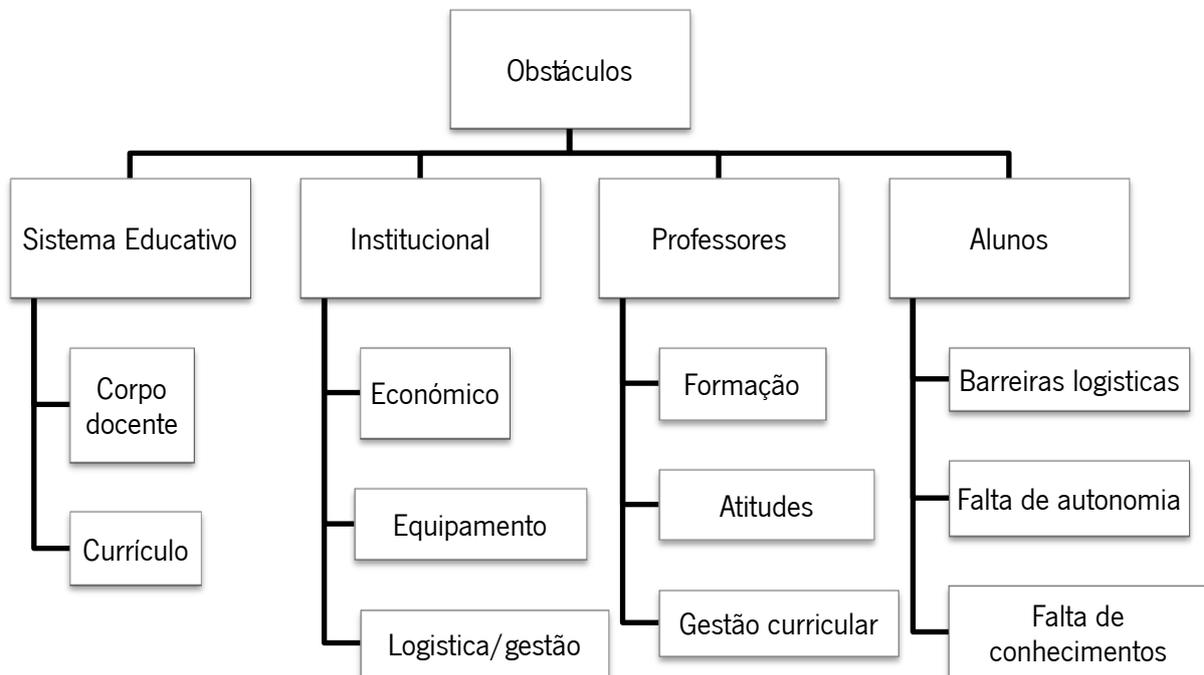
No período entre 1971 e 1982 aparece o computador nas escolas e fazem-se as primeiras experiências educativas. É nesta época que há um grande investimento na produção de filmes pedagógicos e a televisão educativa tem nesta fase um papel relevante. Entre 1983 e 1999 com os avanços da ciência no campo da eletrónica digital dá-se um grande incremento no uso dos computadores, que passam a permitir um ensino mais individualizado (Costa & al, 2008). A partir dos anos 90 o desenvolvimento tecnológico foi enorme quer pelas potencialidades multimédia, quer pelo acesso generalizado à Internet.

As novas tecnologias assumem atualmente um papel relevante no ensino-aprendizagem das ciências, proporcionando situações de aprendizagem mais motivadoras. Na atualidade a imagem do quadro preto, do papel e da caneta... é uma imagem que já quase sentimos que pertence ao passado – os computadores e as calculadoras fazem agora parte do material escolar dos alunos.

Mas o recurso às tecnologias digitais tem obrigado a uma mudança nas formas de ensinar. É necessário que o ensino, principalmente de disciplinas com forte cariz experimental como a Física e a Química, acompanhe a evolução tecnológica da sociedade atual. Os computadores, as calculadoras e os sistemas de comunicação, usados de forma eficiente e adequada tornam o ensino-aprendizagem mais motivador e podem conduzir a uma aprendizagem mais significativa. Contudo, alguns estudos têm mostrado que o uso dos computadores tem sido pouco ambicioso no sentido de promover as aprendizagens, uma vez que são mais usados para desenvolver tarefas rotineiras, como afirma Costa & al (2008, p. 242) *“Os computadores têm sido usados apenas como locais de consulta e para a apresentação de trabalhos. No entanto a possibilidade de criarem modelos científicos complexos faz deles uma ferramenta muito importante no ensino das ciências”*. No diagrama da figura 1.3 são apontados alguns dos obstáculos ainda existentes à implementação das TIC no ensino das ciências. Os principais são os que estão ligados à própria escola e ao sistema educativo (falta de equipamentos, currículos desatualizados, ...) e aos próprios professores (falta de formação e de motivação).

O recurso às novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) sendo uma ferramenta importante em todos os aspetos do ensino-aprendizagem das Ciências, é mesmo fundamental para o desenvolvimento do trabalho experimental facilitando desde logo a pesquisa de informação, mas contribuindo também para a elaboração de hipóteses controlando variáveis em simulações, para a

aquisição de dados usando sensores, para a organização e tratamento dos dados recolhidos e no final para a sua apresentação e discussão.



*Figura 1.3 - Tipos de obstáculos à integração das TIC no processo de ensino e aprendizagem (Extraído de Moreira Loureiro e Marques, 2005)*

Neste estudo, para além do computador, da máquina de calcular gráfica e dos sensores evidencia-se ainda o uso duma importante ferramenta de comunicação, o TI-Navigator, que permite o constante acompanhamento das aprendizagens de cada aluno. Com este sistema as unidades portáteis dos alunos (máquinas de calcular) estão todas ligadas em rede e por *wireless* ao computador do professor que pode assim fazer transferência de ficheiros (questionários, resultados experimentais, tabelas, gráficos), fazer questões e recolher as respostas e apresentar, quase em tempo real, os resultados das respostas a estas questões.

#### 1.4. A Avaliação no processo de Ensino-Aprendizagem

A avaliação dos alunos implica o uso de instrumentos e métodos de avaliação diversificados, quer internos quer externos, podendo ser de carácter formativo ou sumativo. É um elemento intrínseco ao processo de ensino-aprendizagem sendo regulamentado por legislação específica.

Ao longo da escolaridade obrigatória o tipo de avaliação mais comum é a denominada avaliação contínua, que pode ter carácter formativo ou sumativo, e que consiste numa avaliação em que se usam diversos instrumentos tais como a participação diária dos alunos nas aulas, os trabalhos apresentados, os testes realizados, as respostas a questionários orais, a realização de trabalhos práticos.

A avaliação formativa é desenvolvida pelos professores de forma continuada. Esta avaliação tem como principal objetivo analisar a melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem, sendo da responsabilidade de cada professor. Nas escolas por vezes é feito um trabalho conjunto entre professores no sentido de se tentar uniformizar o tipo de instrumentos a adotar em cada disciplina e o seu número. De um modo geral, os professores preocupam-se em verificar se os alunos conseguem ou não atingir os objetivos e também em conhecer o grau com que os atingem questionando-se sobre as causas do insucesso. Por vezes a avaliação é encarada como uma forma de desumanizar a educação criando-se um clima de desconfiança entre professor e aluno. A comparação que, inevitavelmente, se faz entre alunos pode levar a uma diminuição na autoestima de alguns, em especial daqueles que apenas atingem os níveis mais baixos (Arends, 1995).

Segundo Valadares e Pereira (1991), apesar de a medição e comparação dos resultados do ensino ser uma tarefa presente na profissão do professor, este não se deve prender demasiado a esta perspetiva de medir, mas antes de avaliar. Quer isto dizer que a avaliação deve ser um meio para se atingir um resultado, a aprendizagem, e não o fim. Isto implica seleccionar técnicas de avaliação e diversificar essas mesmas técnicas tendo em conta as suas vantagens e desvantagens. A avaliação diária que ocorre na sala de aula, para além do controlo das aprendizagens, pretende também ajudar a construir essas mesmas aprendizagens. No entanto, o aluno pode sentir-se demasiado condicionado e as relações que se estabelecem entre professor e aluno podem afetar a comunicação e conduzir a que o aluno se sinta intimidado para responder, dando assim um resultado que não é o real. É um tipo de avaliação em que o único sujeito avaliado é o aluno.

Algumas tendências pedagógicas modernas defendem que o sujeito de avaliação pode ser não só o aluno mas também o grupo ou mesmo o professor ou até mesmo a equipa docente. Segundo Zabala

(2007) avaliar pode ser medir o que o aluno aprende, mas também pode ser medir o que o professor ou a escola fazem para que o aluno aprenda e assim avaliar deixa de se centrar exclusivamente nos resultados dos alunos. Segundo a perspetiva construtivista do ensino-aprendizagem o objeto de avaliação deixa de estar exclusivamente centrado nos resultados obtidos para se centrar no processo de ensino-aprendizagem quer do aluno quer do grupo, deixando o sujeito de ser apenas o aluno mas todos os que intervêm no processo (Zabala, 2007). O conhecimento do que cada aluno sabe ou sabe fazer em relação ao objeto de ensino previsto permite ao professor decidir o tipo de estratégia a adotar, adequando a sua prática às necessidades do grupo ou de algum aluno em especial.

Numa situação ideal de ensino-aprendizagem deve haver um feedback rápido do que o aluno sabe e/ou do que o aluno está a assimilar de modo a que os erros cometidos possam ser prontamente corrigidos (Peixoto, 1995). A avaliação assim entendida tem um carácter formativo.

Para aferir os conhecimentos adquiridos ao longo de um certo período de tempo é muito útil a avaliação sumativa com carácter mais uniforme e comparativo. Embora a avaliação com a atribuição de uma classificação possa ser por vezes penosa para o aluno, é normalmente uma forma de este se empenhar em fazer o melhor possível. Segundo um estudo apresentado por Arends (1995), quando é pedido algo a um grupo de alunos e lhes é dado um incentivo negativo, uma penalização, verifica-se que eles reagem de modo a tentarem não obter essa penalização (má classificação na avaliação). Contudo, se lhes for dado um incentivo positivo (por exemplo pontos extra) a maioria já não tem o mesmo empenho. Embora o programa de FQ-A imponha que a avaliação das aprendizagens da componente Prático - Laboratorial tenha um peso na avaliação sumativa da disciplina de 30%<sup>1</sup>, preconiza a realização da avaliação numa perspetiva integrada, com carácter formativo e contínuo de modo a que o aluno se aperceba do nível de competências que vai alcançando e promova a melhoria das suas aprendizagens. Devendo a avaliação ser adequada a cada atividade e implementada de forma progressiva de modo a contemplar os aspetos evolutivos dos alunos, usando instrumentos diversificados. O trabalho Prático – Laboratorial implica o desenvolvimento de várias competências nos alunos, sendo fundamental acompanhar a evolução das suas aprendizagens momento a momento. O sistema TI-Navigator permite fazer este tipo de avaliação com bastante eficácia e rapidez, duma forma lúdica, sem que os alunos, duma maneira geral, se sintam intimidados ou desconfortáveis em relação à componente prático-laboratorial.

---

<sup>1</sup> *Diário da República, 1.ª série – N.º 155 – 10 de agosto de 2012- Artigo 7º alínea c)*

## CAPÍTULO II

### **Apresentação do estudo: metodologia, materiais, instrumentos e amostra**

Neste capítulo faz-se uma apresentação do estudo explicando e justificando a metodologia utilizada (2.1), apresentando os materiais (2.2) e os instrumentos utilizados (2.3) e descrevendo e caracterizando a amostra (2.4),

O programa de Física e Química A (FQ-A) é dividido em dois semestres, sendo o segundo semestre dedicado à parte da Física. Este estudo insere-se na componente laboratorial da parte da Física, e apresenta uma metodologia de ensino/aprendizagem que pretende motivar e envolver a professora e os alunos, recorrendo a recentes tecnologias de informação e comunicação (TIC), com o objetivo de facilitar a aprendizagem e de melhorar os resultados dos alunos.

O programa desenvolve-se numa perspetiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) ou CTS-A (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), partindo de situações-problema familiares aos alunos. Todo o processo de aprendizagem se desenvolve no sentido da compreensão dos conceitos e não no da memorização dos mesmos.

#### **2.1. Metodologia seguida na investigação**

A metodologia usada neste estudo pode-se considerar do tipo investigação-ação que, segundo Lomax (1990) citado em (Coutinho, 2009), consiste numa intervenção na prática profissional do professor com vista a conseguir uma melhoria na aprendizagem dos alunos.

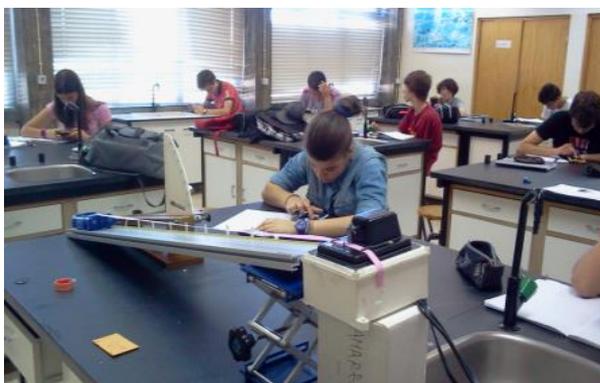
Em termos investigativos existe um certo constrangimento na implementação desta metodologia. O professor acredita que a intervenção que vai implementar na sala de aula (uso da tecnologia TI - Navigator) beneficia a aprendizagem dos alunos, logo deve estendê-la a todos os alunos. No entanto, deste modo, fica sem a possibilidade de comparar os resultados de aprendizagem com e sem esta metodologia.

Este estudo incide fundamentalmente na sala de aula, que neste caso é o laboratório de Física. Pretendem-se abordar todos os temas propostos para a componente laboratorial de Física de 10º ano, privilegiando-se a compreensão dos conceitos. Usa-se uma estratégia baseada na resolução de problemas, em que cada atividade se inicia por uma questão problema a que se deve dar resposta, como

preconizado nas orientações curriculares. De acordo com a matriz curricular estas aulas laboratoriais têm a duração de 135 minutos, com os alunos divididos em dois turnos. A diferenciação estratégica relativamente a outros docentes/turmas passa pelo papel motivador e de ensino associado às novas tecnologias permitidas pelo uso adequado da unidade portátil TI-Nspire-CX ligada a sensores e ao Lab Cradle e à tecnologia TI - Navigator.

A estratégia a implementar nas aulas laboratoriais implica que o aluno conheça previamente os objetivos de aprendizagem de cada trabalho prático para que se envolva na planificação de cada atividade. Conforme defendido no programa de Física e Química A de 10º ano (2001) o trabalho experimental começa antes de os alunos entrarem no laboratório, devendo previamente realizar-se as seguintes etapas: discussão das ideias prévias sobre o tema, pesquisa de informação, clarificação do tema, planeamento da experiência e identificação das grandezas a medir. Para isso é facultado antecipadamente a cada grupo de alunos um protocolo experimental onde constam os objetivos subjacentes à atividade laboratorial e questões introdutórias de discussão em grupo para que o aluno tome consciência do que vai aprender.

Dependendo das características da atividade prático-laboratorial, os alunos são sujeitos a um questionário individual no início e/ou no fim da aula, apresentado, respondido e avaliado através do sistema TI - Navigator.



*Figura 2.1 – Alunos usando a tecnologia TI - Navigator*



*Figura 2.2 – Alunos consultando o manual*

## 2.2. Material utilizado na investigação

Este estudo tem como finalidade mostrar de que modo o ensino da componente laboratorial da Física de 10<sup>o</sup> ano com recurso a sensores e tecnologias digitais pode contribuir para a melhoria das aprendizagens dos alunos.

As calculadoras gráficas usadas habitualmente nas aulas de matemática podem e devem ser também uma ferramenta largamente utilizada nas aulas de Física. (Programa de FQ-A-10<sup>o</sup>ano, 2001). A calculadora gráfica para além do cálculo algébrico permite aos alunos explorar rapidamente uma grande variedade de gráficos e trabalhar com funções estatísticas associadas à análise dos dados recolhidos. Em particular a calculadora gráfica TI-Nspire-CX (2.2.1), vulgarmente denominada neste trabalho por unidade portátil, permite trabalhar associada ao Lab Cradle (2.2.2) interface específica de aquisição de dados. Para a análise e discussão dos dados recolhidos pelos alunos na atividade laboratorial, implementação dos questionários e análise das respostas utilizou-se a tecnologia TI-Nspire Navigator-CX (2.2.3). Para facilitar e melhorar a qualidade da aquisição dos dados usaram-se diversos sensores (2.2.4).

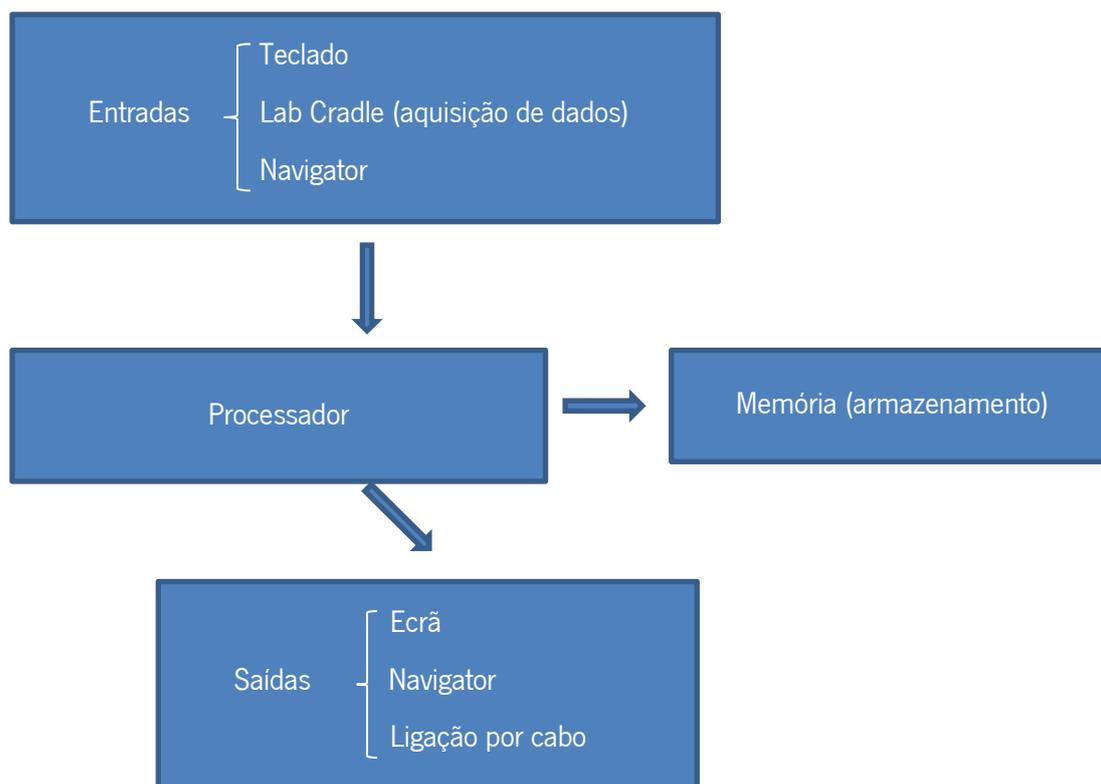
### 2.2.1. Calculadoras Gráficas

Na segunda metade do século XX as máquinas de calcular sofreram uma enorme evolução deixando de ser apenas utilizadas para fazer cálculos. Nos anos 60-70 apareceram as primeiras calculadoras eletrónicas (Gomes, 2006) que começaram a ser usadas nas mais diversas atividades. As atuais calculadoras são de tal modo completas que se tornaram muito semelhantes a um computador e são habitualmente designadas por unidades portáteis. A TI-Nspire-CX, cuja fotografia se mostra na figura 2.3, é a calculadora usada neste trabalho.



*Figura 2.3 – Fotografia da unidade portátil TI-Nspire-CX*

Para além da função calculadora e da função gráficos, permite trabalhar com páginas de geometria, com listas e folha de cálculo, com páginas de notas, de dados e de estatística. Permite ainda a recolha de dados com o Vernier DataQuest, inserir imagens, fazer simulações... Tal como num computador existe um processador central e uma memória para armazenamento. Existem diversas formas de entrada de sinal e diversas saídas, conforme se ilustra no esquema da figura 2.4.



*Figura 2.4 – Esquema de funcionamento da unidade portátil TI-Nspire-CX*

### 2.2.2. Lab Cradle

O Lab Cradle é uma interface de aquisição de dados em tempo real desenvolvida para ligação à unidade portátil TI-Nspire-CX e que funciona através da aplicação “Vernier DataQuest”. Como se pode ver na figura 2.5, possui três entradas analógicas e duas digitais, permitindo o funcionamento dos cinco canais em simultâneo. Possibilita também a ligação ao computador permitindo ao professor realizar uma experiência e projetar o decorrer da mesma de modo a que todos os alunos a possam acompanhar.



*Figura 2.5 – Fotografias do Lab Cradle mostrando as três entradas analógicas (esquerda) e as duas digitais (direita)*

### **2.2.3. TI Nspire Navigator–CX**

O sistema TI–Nspire Navigator–CX, que se mostra na figura 2.6, permite ligar em rede e por wireless todas as unidades portáteis TI–Nspire–CX a um computador (o computador do professor) fazendo a comunicação entre o computador do professor e as unidades portáteis dos alunos e vice-versa, trabalhando todos num ambiente comum e partilhado. Fica assim assegurada e facilitada quer a transferência de ficheiros, como questionários, resultados experimentais, tabelas, gráficos..., do computador do professor para todas as unidades portáteis no mesmo instante, quer a recolha de dados relativos a uma atividade laboratorial ou qualquer outro tipo de ficheiros, das unidades portáteis para o computador do professor.



*Figura 2.6 – Sistema TI–Nspire Navigator–CX*

Todos os professores já constataram que numa discussão em grupo apenas uma pequena percentagem de alunos participa. A tecnologia TI-Navigator permite/obriga à participação ativa de todos. Em qualquer altura da aula o professor pode fazer uma questão, simultaneamente para todos os alunos recebendo as respostas de cada um. Estando todos munidos desta ferramenta todos podem/devem responder sem terem conhecimento das respostas dadas pelos colegas. O TI-Navigator permite assim uma orientação da aula de tipo individual, podendo-se verificar se o aluno atingiu os objetivos sem que tenha sido influenciado pelas respostas dos colegas. Se as questões feitas pelo professor através do sistema TI - Navigator forem de correção automática é possível mostrar de imediato os resultados obtidos o que pode funcionar como uma recompensa/incentivo para muitos alunos. A figura 2.7 exemplifica um quadro de resultados de uma questão, apresentando-se a frequência de cada uma das respostas, sem se identificarem os alunos.

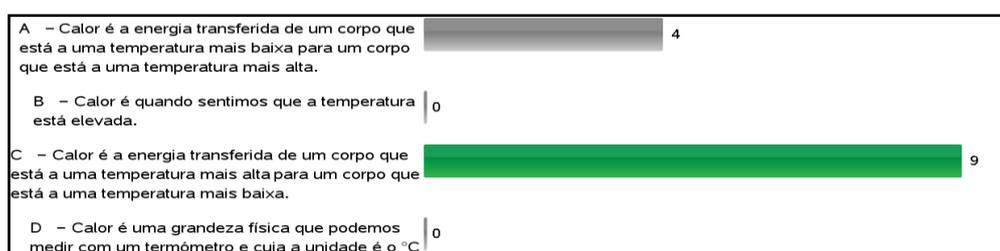


Figura 2.7 – Quadro dos resultados obtidos nas respostas a uma questão feita através do sistema TI - Navigator

É também possível ir seguindo o que os diversos alunos estão a fazer em cada instante, acompanhando individualmente as suas aprendizagens e percebendo como é que cada aluno está a raciocinar. Na figura 2.8 mostra-se como o professor pode visualizar, em simultâneo, o trabalho de seis alunos.

Pode também, em qualquer momento, ser incentivada a participação dos alunos com o recurso à potencialidade *Apresentador ao Vivo*. Esta aplicação permite projetar o ecrã da unidade portátil do aluno para toda a turma, fazendo assim com que o aluno partilhe o seu trabalho ou passos da resolução de um problema com os colegas.

Usando esta metodologia de lançar questões aos alunos através do sistema TI - Navigator ao longo de todas as aulas laboratoriais é possível, no final, organizar um portefólio global das aprendizagens de cada aluno, como se exemplifica na figura 2.9.

Esta tecnologia, que permite ao professor estar permanentemente a monitorizar a aprendizagem dos alunos, constitui uma forma de ensino que deve ser bem usada pelos professores e bem entendida pelos alunos. É necessário que seja vista como um instrumento de ensino e não como um instrumento de avaliação permanente. É um instrumento que permite aferir a aquisição de conhecimentos com o objetivo de poder ajudar os alunos, tratando-se assim duma avaliação formativa que deve conduzir a uma aprendizagem significativa. É também uma forma de motivar os alunos uma vez que estes, duma maneira geral, gostam de usar novas tecnologias e acham as aulas mais dinâmicas e interessantes.

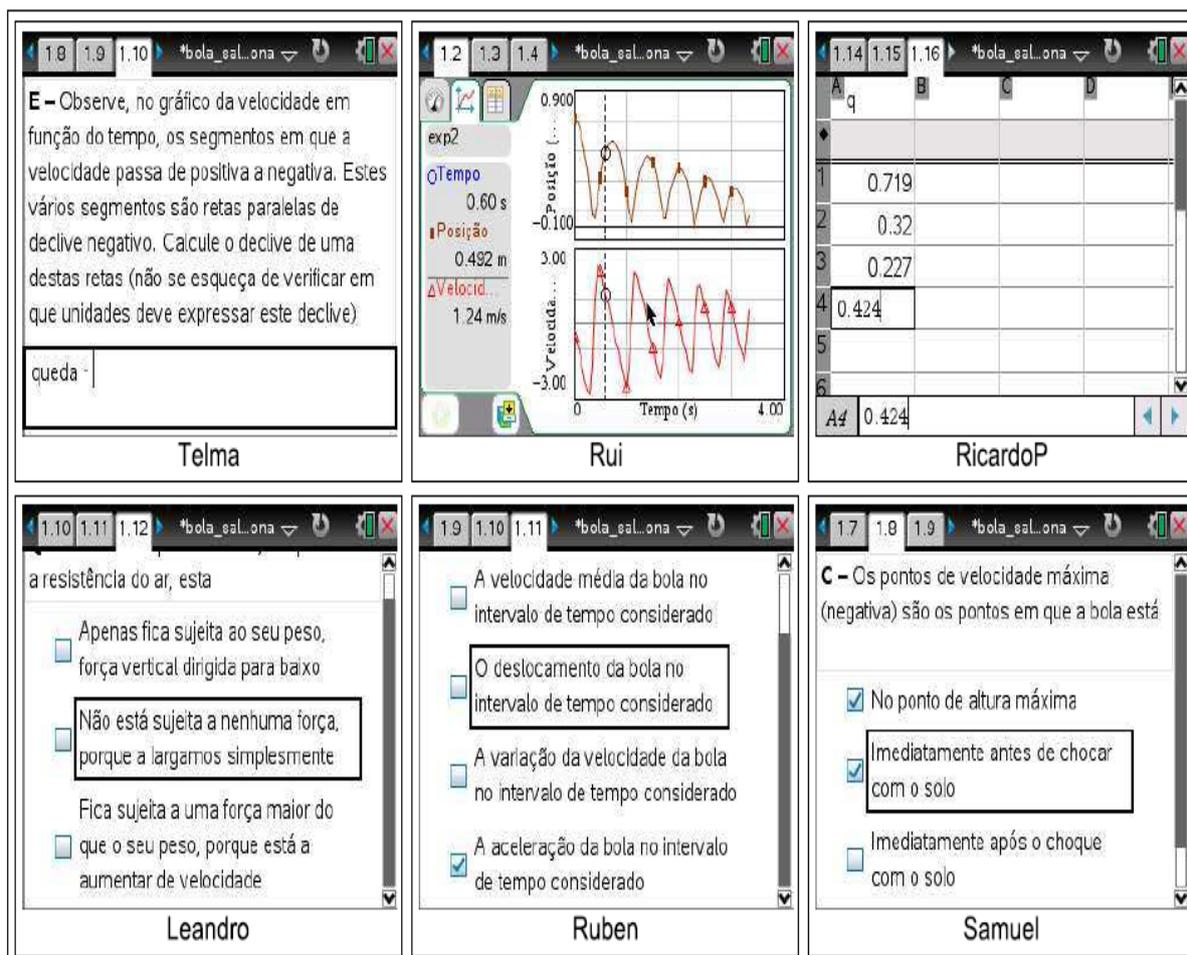


Figura 2.8 – Print Screen do monitor do computador da professora mostrando, em simultâneo, os ecrãs das unidades portáteis de seis alunos

Resumo da tarefa ▲	Quest:10 AL2.3	Quest:9 AL2.2	Quest:8 AL 2.1	Quest:7 AL1.4	Quest:6 AL1.3	Quest:5 AL1.2	Quest:3 ALD.1	Quest. 4 AL1.1	Quest:2 ALD.1	quest:1 ALD.1	Resultado médio
Acções da coluna	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	
Média da turma	64%	50%	50%	49%	67%	85%	69%	79%	76%	28%	62%
Data	04-06	28-05	14-05	30-04	23-04	16-04	09-04	02-04	12-03	12-03	
👤 Ana	71%	44%	38%	46%	50%	89%	79%	83%	65%	54%	62%
👤 Andreia	67%		31%	46%	88%	89%	72%	100%	83%	39%	68%
👤 Cristiana	58%	63%		46%	63%	67%	74%	67%	83%	32%	61%
👤 Daniel	71%	44%	77%	38%	63%	78%	45%	100%	65%	21%	60%
👤 Débora	38%	38%	31%	54%	63%	67%	41%	83%	70%	7%	49%
👤 Dulce	54%	75%	54%	46%	75%	89%	79%	83%	91%	29%	68%
👤 Eugénio	71%	56%	54%	38%	75%	78%	69%	67%	78%	18%	60%
👤 Gabriela	67%	44%	54%	46%	75%	89%	86%	67%	61%	57%	65%
👤 JCarlos	71%	44%	31%	46%	63%	89%	48%	50%	74%	18%	53%
👤 JoanaD	65%	75%	85%	62%	63%	100%	93%	83%	83%	18%	73%
👤 JoanaE	54%	19%	46%	46%	75%	89%	62%		91%	29%	57%
👤 João	79%	56%	54%	69%	56%	89%	66%	100%	78%	14%	66%
👤 Jorge	71%	44%	46%	54%	63%	89%	76%	67%	61%	29%	60%

Figura 2.9– Portefólio global de um grupo de alunos

#### 2.2.4. Sensores

As atividades prático-laboratoriais devem ser estruturadas de modo a que os alunos sintam que estão a fazer verdadeiras investigações. Devem ser usados materiais e equipamentos atuais e adaptados às novas tecnologias que permitam a obtenção de bons resultados experimentais. Um desse grupo de equipamentos são os sensores. Existem sensores de vários tipos e de vários feitios, como se ilustra na figura 2.10, mas servem genericamente, no essencial, para o mesmo, para transformar uma determinada grandeza física num sinal elétrico. Associados a um *software* adequado permitem, para além da aquisição, a execução em tempo real de um gráfico, o que faz com que o aluno consiga estabelecer a relação entre a realidade e a representação matemática.



Figura 2.10 – Alguns dos sensores utilizados ao longo das aulas laboratoriais

Os sensores permitem a aquisição, num curto espaço de tempo, de um grande número de dados o que seria, na maior parte dos casos, muito difícil ou mesmo impossível de conseguir sem eles. Mas com os sensores podemos também recolher de forma automática, um determinado número de dados ao longo de um período de tempo longo evitando que o aluno tenha de fazer todas essas medições.

## **2.3. Instrumentos usados na investigação**

Para levar a cabo este trabalho foram desenvolvidos protocolos para todas as atividades laboratoriais de Física (2.3.1) bem como um conjunto de questões associadas a cada uma das atividades, que foram apresentadas, respondidas e analisadas através do sistema TI - Navigator (2.3.2).

### **2.3.1. Protocolos Experimentais**

A motivação para a aprendizagem não é uma tarefa fácil. Aprender exige esforço, estudo, dedicação. Hoje em dia os alunos têm múltiplos interesses e estão envolvidos em múltiplas atividades o que nem sempre lhes deixa espaço para todas as tarefas, principalmente as investigativas, que os professores gostariam que eles realizassem. Para que o aluno tenha vontade de prosseguir na aprendizagem, e principalmente na aprendizagem através da experiência, é necessário que as atividades laboratoriais que lhes são propostas estejam adequadas ao seu nível de conhecimentos. É importante que o aluno aprenda a construir os seus próprios conhecimentos científicos, prevendo situações, manipulando materiais, observando e refletindo. Como disse Benjamin Franklin “*Tell me and I forget, teach me and I remember, involve me and I learn*” isto é, quanto mais envolvido estiver o aluno na construção das suas aprendizagens, mais aprende.

Contudo é necessário que lhe sejam dadas instruções claras. Foi com esse objetivo que foram preparados protocolos de todas as atividades laboratoriais uma vez que elas são realizadas com uma metodologia ligeiramente diferente da proposta no manual adotado, recorrendo a sensores e à utilização do Lab Cradle e do sistema TI - Navigator.

Cada atividade laboratorial desenvolve-se de modo a dar resposta a uma questão-problema. Os protocolos pretendem incentivar o trabalho em grupo, desenvolvendo um espírito de equipa uma vez que

quer as questões introdutórias quer as questões de reflexão são trabalhadas no grupo e depois debatidas com toda a turma.

Os protocolos desenvolvidos para cada atividade laboratorial encontram-se em anexo.

### **2.3.2. Questionários**

Geralmente os professores usam os questionários orais como forma de diagnosticar o que os alunos sabem sobre determinados assuntos mas, como já foi referido atrás, estes podem não dar a verdadeira dimensão do conhecimento dos alunos pois nem todos são confrontados com a necessidade de responder. Fazer questionários escritos individuais em todas as aulas laboratoriais é muito trabalhoso para o professor e desmotivador para os alunos. A tecnologia TI -Navigator permite fazer isso numa forma quase lúdica, quer para o professor quer para os alunos.

Nos questionários elaborados usam-se, habitualmente, questões do tipo “Verdadeiro ou Falso” e de “Escolha Múltipla” de forma a tornar o questionário mais objetivo e de mais fácil correção. Por vezes fazem-se também algumas questões de resposta aberta pois a resposta a estas questões nunca é feita por tentativa/erro.

O objetivo principal destes questionários não é de serem um elemento avaliativo, mas sim formativo. Como tal têm, por vezes, questões de um grau de dificuldade acima da média, exigindo compreensão e raciocínio aos alunos.

### **2.4. Descrição e caracterização da amostra**

A amostra deste estudo é constituída por uma turma de 10º ano (turma C) da Escola Secundária de Amares no ano letivo 2012/2013. Esta escola localiza-se na vila de Amares, a 13 Km da cidade de Braga, num meio semiurbano.

A turma é constituída por 25 alunos sendo dez do sexo feminino e quinze do sexo masculino. A maior parte dos alunos da turma (dezassete) tem 15 anos mas há sete alunos com 14 anos e dois com 16 anos. Como a maior parte dos jovens de hoje, ocupam preferencialmente os seus tempos livres em atividades individuais e sedentárias, associadas ao uso dos multimédia, descurando as atividades ao ar livre como o desporto, como se pode ver na figura 2.11. As habilitações literárias dos pais dos alunos

estão, maioritariamente, ao nível do ensino básico, embora cerca de 35% tenha mais do que o 9º ano de escolaridade.

Nesta escola há apenas três turmas de 10º ano de Ciências e Tecnologias, sendo cada uma lecionada por um professor diferente. É habitual, para se uniformizar a avaliação dos alunos, aplicar os mesmos testes de avaliação às três turmas, realizando-os no mesmo dia e à mesma hora. Estes testes podem assim servir para avaliar o impacto da metodologia de ensino descrita neste estudo, na aprendizagem dos alunos.

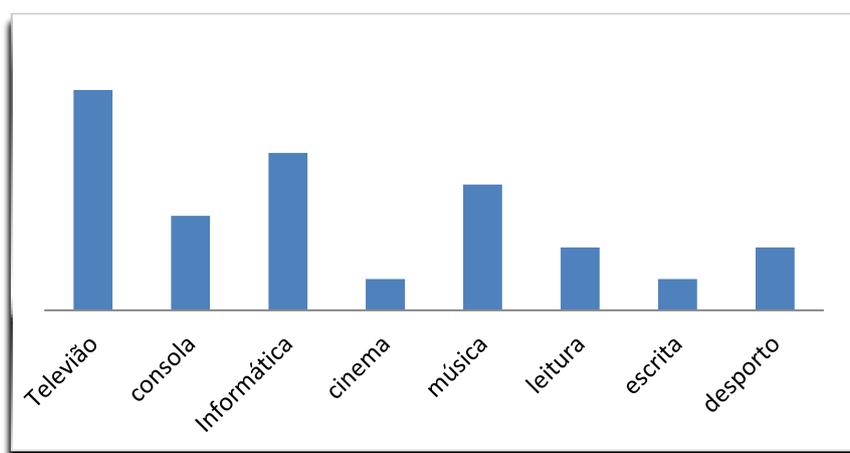


Figura 2.11 – Ocupação dos tempos livres dos alunos

Para se ter uma ideia do desempenho prévio dos alunos de cada uma das turmas, fez-se o levantamento dos resultados obtidos nos exames de Matemática e de Língua Portuguesa de 9ºano. Estes resultados mostram-se na tabela 2.1.

Turma	Português			Matemática			
	2	3	4	2	3	4	5
A	6	10	7	3	9	10	1
B	6	14	3	4	10	7	2
C	8	11	3	4	2	12	4

Tabela 2.1 - Resultados dos alunos das turmas A, B e C nos exames de 9º ano

As turmas são bastante semelhantes entre si, havendo nas três melhores resultados a Matemática do que a Português. A turma C (turma do estudo), embora tenha uma percentagem elevada de negativas, principalmente a Português, é a que tem melhores resultados a Matemática.

Ao longo do 10º ano os alunos das três turmas continuam a obter resultados bastante semelhantes nas diversas disciplinas. Nas tabelas 2.2 e 2.3 mostram-se os resultados obtidos no 1º período nas disciplinas de Física e Química A e de Matemática. Nas tabelas 2.4 e 2.5 mostram-se os resultados obtidos, nas mesmas disciplinas, no 2º período.

Física e Química A – 1º período					
Turma	0–7	8–9	10–13	14–16	17–20
A	0	6	12	4	2
B	0	2	17	6	1
C	0	2	11	7	3

Tabela 2.2 - Resultados no final do 1º período, à disciplina de Física e Química A

Matemática – 1º período					
Turma	0–7	8–9	10–13	14–16	17–20
A	0	5	5	9	5
B	5	8	10	2	1
C	5	0	12	1	2

Tabela 2.3 - Resultados no final do 1º período, à disciplina de Matemática

Física e química A – 2º período					
Turma	0–7	8–9	10–13	14–16	17–20
A	2	6	10	4	2
B	0	6	14	4	1
C	2	6	9	5	3

Tabela 2.4 - Resultados no final do 2º período, à disciplina de Física e Química A

Matemática – 2º período					
Turma	0–7	8–9	10–13	14–16	17–20
A	3	8	8	3	2
B	2	7	12	2	2
C	3	5	9	6	2

Tabela 2.5 - Resultados no final do 2º período, à disciplina de Matemática

No terceiro período é quando as notas dos alunos poderiam refletir o resultado da metodologia implementada nas aulas laboratoriais de Física. Os resultados mostram-se nas tabelas 2.6 e 2.7 e não permitem concluir que a turma C tenha tido melhor desempenho que as outras duas ou mesmo que tenha tido melhor desempenho no terceiro período relativamente aos dois períodos anteriores.

Física e Química-A – 3º período					
Turma	0–7	8–9	10–13	14–16	17–20
A	0	5	11	5	3
B	0	5	15	2	2
C	1	4	11	6	3

*Tabela 2.6 - Resultados no final do 3º período, à disciplina de Física e química A*

Matemática – 3º período					
Turma	0–7	8–9	10–13	14–16	17–20
A	0	12	6	5	1
B	2	8	12	2	2
C	0	7	12	6	2

*Tabela 2.7 - Resultados no final do 3º período, à disciplina de Matemática*

Apesar de as notas do final do 3º período não permitirem ver uma melhoria associada à metodologia implementada, acredita-se que os alunos (pelo menos alguns) tenham ganho gosto pelo trabalho laboratorial e tenham aprendido a analisar os resultados obtidos e a discutir as suas consequências. No entanto, como as competências associadas à análise e discussão dos resultados experimentais obtidos nos trabalhos práticos por vezes não são muito valorizadas nos testes sumativos, os resultados dos alunos não mostram as melhorias que a professora esperava e que, acredita, foram obtidas. Outra razão para estas competências não se revelarem na nota do 3º período é porque esta nota é global, isto é, reflete o desempenho do aluno ao longo de todo o ano letivo.

Para corroborar a opinião da professora acerca da satisfação dos alunos e dos resultados obtidos com a implementação da tecnologia TI - Navigator na discussão, análise e avaliação das aulas laboratoriais de Física, foi pedido aos alunos, no final do ano letivo, que fizessem uma crítica/comentário à forma como estas aulas decorreram. Na figura 2.12 podem-se ver excertos de alguns destes comentários. Por estes excertos vê-se que os alunos gostaram da metodologia usada. As terças-feiras era

o dia das aulas práticas e quando os alunos referem as novas tecnologias e as mini fichas estão-se a referir à tecnologia *TI - Navigator* usada para fazer a análise, discussão e avaliação das aulas práticas.

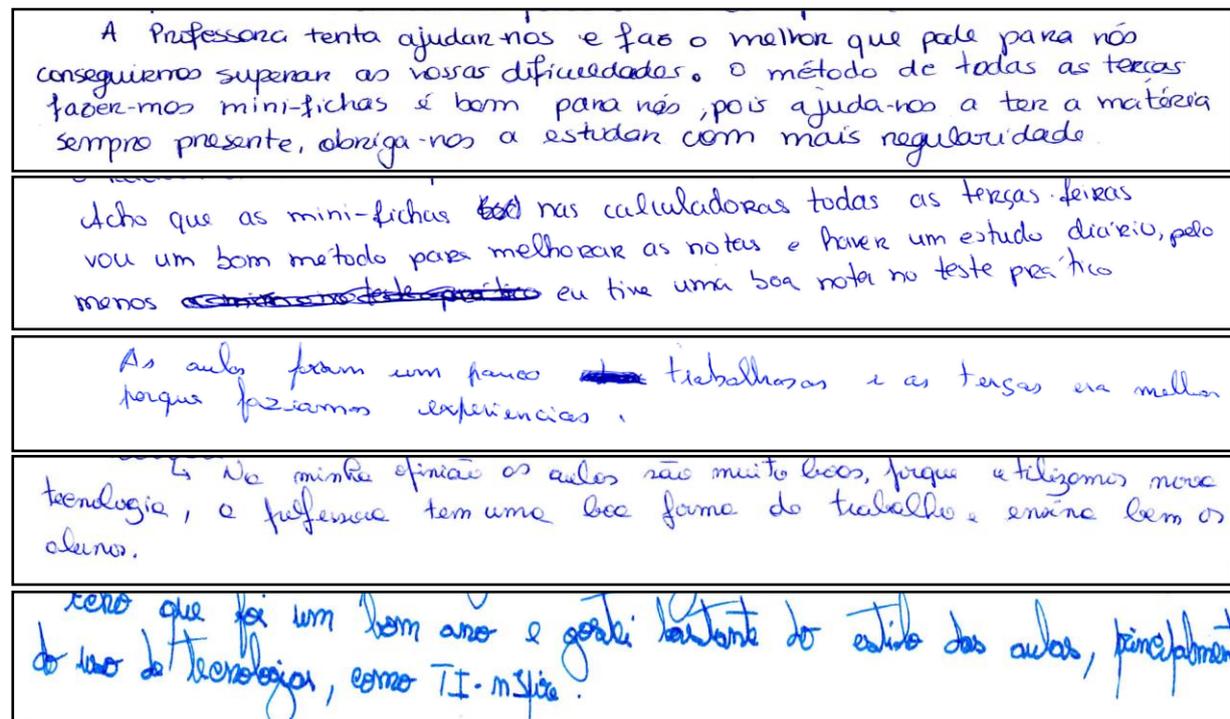


Figura 2.12 – Excertos dos comentários escritos pelos alunos relativamente à forma como decorreram as aulas laboratoriais de Física

## CAPÍTULO III

### Implementação da Metodologia Proposta e sua Avaliação

Como já se referiu no capítulo anterior com este estudo pretende-se alterar/inovar/melhorar a prática profissional do professor com vista a conseguir uma melhoria na aprendizagem dos alunos. O estudo incide fundamentalmente na sala de aula, na componente prático-laboratorial de Física do 10º ano de escolaridade. As atividades e os seus objetos de ensino são os listados na tabela 3.1.

	Temas	Atividades	Objeto de ensino
Unidade 0	Das Fontes de Energia ao Utilizador	AL 01 Rendimento no aquecimento	Calor, Temperatura e Energia Interna Quantidade de energia necessária para fazer variar a temperatura de um corpo Circuito Elétrico Potência fornecida ( $P = UI$ ); energia fornecida ( $E = P \Delta t$ ) Rendimento
Unidade 1	Do Sol ao Aquecimento	AL 1.1 Absorção e emissão de radiação	Emissão, absorção e reflexão de radiação Equilíbrio térmico
		AL 1.2 Energia elétrica fornecida por um painel fotovoltaico	Radiação solar na produção de energia eléctrica - Painel fotovoltaico
		AL 1.3 Capacidade térmica mássica	Capacidade térmica mássica Balanço energético
		AL 1.4 Balanço energético num sistema termodinâmico	Mudanças de estado físico Energia necessária para fundir uma certa massa de uma substância Balanço energético
Unidade 2	Energia e Movimento	AL 2.1 Energia cinética ao longo de um plano inclinado	Velocidade instantânea Energia cinética
		AL 2.2 Bola saltitona	Transferências e transformações de energia
		AL 2.3 O atrito e a variação de energia mecânica	Trabalho realizado pela resultante das forças que atuam sobre um corpo. Dissipação de energia por efeito das forças de atrito Força de atrito e coeficiente de atrito cinético Variação de energia mecânica Vantagens e desvantagens do atrito

*Tabela 3.1 - Atividades Laboratoriais da componente de Física (Programa de Física de 10º ano)*

Como se vê na tabela 3.1, os trabalhos práticos de Física de 10º ano estão agrupados em três unidades temáticas. De acordo com o Programa de Física e Química A de 10º ano espera-se que, ao longo do ano letivo, os alunos vão adquirindo uma visão global da Lei da Conservação da Energia aplicada quer à área da Termodinâmica quer à da Mecânica.

A primeira unidade temática tem como finalidade sistematizar e consolidar conceitos que são pré-requisitos para o ensino da Física neste nível de escolaridade. É sabido que o insucesso dos alunos está muitas vezes relacionado com a ausência de pré-requisitos. A aprendizagem é algo que se pode considerar de carácter cumulativo por isso, se o aluno não tiver bem consolidado determinado conceito que é pré-requisito do objetivo atual isso pode ser causa de insucesso (Valadares e Pereira, 1991, p.119).

Os conceitos mais importantes abordados nesta unidade temática giram à volta da produção, transferência, conservação e degradação de energia, sob a forma de calor. Também a montagem de circuitos elétricos simples, a identificação dos seus componentes principais e da relação existente entre as grandezas que os caracterizam é um dos objetivos desta unidade temática.

Nas atividades laboratoriais inseridas na unidade temática *Do Sol ao Aquecimento* pretende-se, numa forma transversal, discutir a conservação de energia. Fala-se das fontes de energia e das suas transformações principalmente sob a forma de calor e de radiação<sup>2</sup>.

Na unidade temática *Energia e Movimento* a discussão centra-se principalmente nas transformações de energia sob a forma de trabalho.

As aulas prático-laboratoriais decorrem no laboratório de Física da escola, têm a duração de 135 minutos e a turma encontra-se dividida em dois turnos.

Em todas as atividades prático-laboratoriais é feito, no início da aula, um ponto de situação sobre a perceção que os alunos têm dos conteúdos subjacentes à questão-problema e sobre as ideias prévias que têm sobre os assuntos. Dependendo das características da atividade laboratorial este primeiro diagnóstico pode ser feito através de um questionário individual ou debatendo as questões oralmente e em grupo.

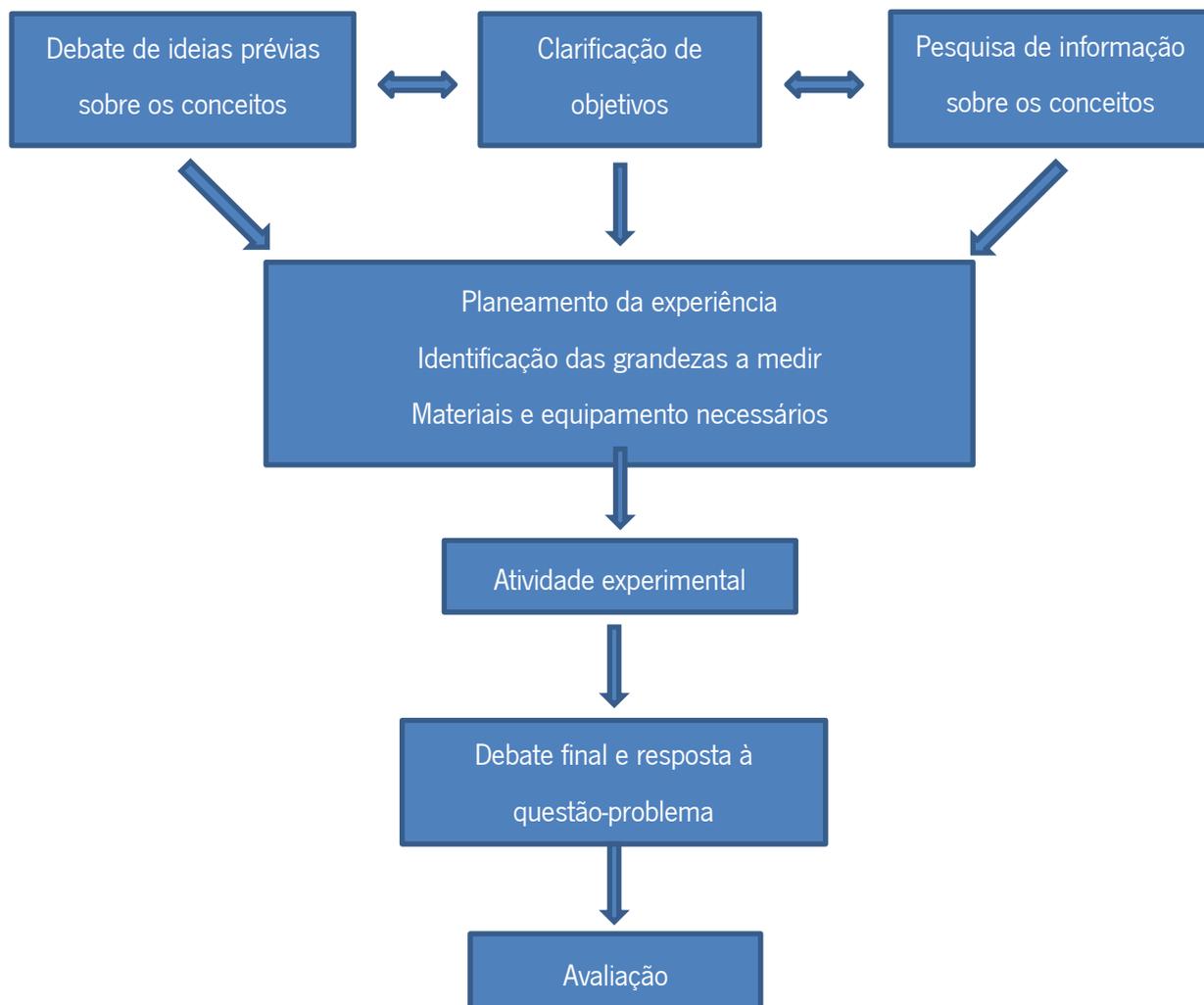
Após a clarificação dos conteúdos e dos objetivos passa-se à realização da atividade experimental.

---

<sup>2</sup> Nos programas de FQ-A antigos a transferência de energia por radiação era apenas um dos processos de transferência de energia como calor, para além da condução e da convecção. Nos programas atuais, embora não se discuta a origem e a natureza da radiação, ela é tratada como uma entidade específica, ondas eletromagnéticas que se transmitem mesmo no vazio.

Aqui inclui-se não só a aquisição dos resultados, usando habitualmente sensores, mas também todos os cálculos e a elaboração de tabelas e gráficos que permitam a sua análise. A análise dos resultados é feita com toda a turma, sendo os resultados dos diversos grupos de trabalho (quatro em cada turno) confrontados e discutidos. Para esta análise e discussão usa-se o sistema TI - Navigator que permite à professora quer visualizar e acompanhar o trabalho de cada grupo, quer apresentar à turma os resultados e/ou a análise de um grupo em particular. Esta discussão termina com a resposta à questão-problema existente em cada atividade experimental.

No final de cada aula laboratorial ou no início da aula seguinte os alunos respondem, individualmente, a um questionário (anexo 2), para se poder verificar de que modo é que os conceitos foram assimilados.



*Figura 3.1 – Metodologia seguida nas aulas prático-laboratoriais*

Estes questionários foram todos elaborados pela autora do estudo com o objetivo de poderem ser facilmente implementados, respondidos e avaliados recorrendo-se ao sistema TI - Navigator. As respostas de todos os alunos podem ser projetadas, anonimamente ou não, e discutidas na turma. A metodologia usada nas aulas laboratoriais representa-se esquematicamente na figura 3.1.

Neste capítulo é feita a análise e discussão dos resultados obtidos nas respostas a estes questionários, com o objetivo de perceber as dificuldades dos alunos e poder ajudá-los a ultrapassá-las.

## **Desenvolvimento das atividades prático-laboratoriais**

### **AL 0.1 – Rendimento no aquecimento**

Esta atividade laboratorial é uma revisão de conceitos já abordados no ensino básico essenciais para a compreensão dos conceitos de termodinâmica e transferência de energia abordados nas unidades temáticas 1 e 2. Concretamente os conceitos de *Calor e Temperatura* foram abordados no tema *Terra em Transformação* no 7º ano de escolaridade (Ministério da Educação – Departamento da Educação Básica – Ciências Físicas e Naturais – Orientações curriculares 3º ciclo, pag. 18). Outro assunto importante quer para esta quer para outras atividades laboratoriais (AL 1.2, AL 1.3) é a montagem de circuitos elétricos simples. Os conceitos básicos de eletricidade fazem parte do tema *Viver Melhor na Terra* abordado no 9º ano de escolaridade (Ministério da Educação – Departamento da Educação Básica – Ciências Físicas e Naturais – Orientações curriculares 3º ciclo, p.34).

Sendo esta atividade prática a primeira de 10º ano e a mais abrangente em termos de pré-requisitos, é essencial que seja feita uma preparação prévia adequada. A atividade laboratorial é realizada depois de os alunos já terem tido as quatro aulas de índole teórico-prática desta unidade temática. Os conceitos foram debatidos no início da aula experimental verificando-se que ainda persistiam algumas dúvidas e alguns conceitos pouco claros.

Para sistematizar e dignosticar o que os alunos sabem sobre os conceitos de Calor, Temperatura, Energia Interna<sup>3</sup> e quantidade de energia necessária para fazer variar a temperatura de um corpo apresentou-se-lhes o questionário 1 composto por oito questões, duas de escolha múltipla, uma de verdadeiro e falso e as restantes de resposta aberta.

---

<sup>3</sup> Tema abordado neste ano letivo, na componente não laboratorial

### Questionário 1 - AL 0.1 – Rendimento no aquecimento (pré)

Q1. Qual a definição que escolheria para temperatura?

A - Temperatura é a energia que um corpo possui.

B - Temperatura a sensação que temos de frio ou de quente.

C - Temperatura é o calor

D - É uma propriedade dos corpos que está relacionada com a agitação média das partículas que o constituem.

Q2. "A temperatura de um corpo relaciona-se com a quantidade de matéria"

Verdadeiro

Falso

Q3. Qual a definição que escolheria para o conceito *Calor*?

A - Calor é a energia transferida de um corpo que está a uma temperatura mais baixa para um corpo que está a uma temperatura mais alta.

B - Calor é quando sentimos que a temperatura está elevada.

C - Calor é a energia transferida de um corpo que está a uma temperatura mais alta para um corpo que está a uma temperatura mais baixa.

D - Calor é uma grandeza física que podemos medir com um termómetro e cuja unidade é o °C

Q4. Uma panela cheia de água à temperatura de 75°C pode queimar-nos se a derrarmos sobre nós. O mesmo não acontece se deixarmos cair uma colher dessa água na nossa mão. Dê uma explicação para o facto.

Q5. A quantidade de energia necessária para elevar de 1°C, 1kg de água será igual ou diferente da energia necessária para elevar também de 1°C, 1kg de chumbo?

$c_{\text{água}} = 4,18 \text{ J/(g}^\circ\text{C)}$  e  $c_{\text{chumbo}} = 0,13 \text{ J/(g}^\circ\text{C)}$

Q6. Escreva a expressão que permite calcular a energia recebida como calor por um determinado sistema.

Q7. Comente a correção das afirmações:

1. "Hoje está muito calor"

2. "A Energia está em risco de faltar. Poupe-a"

3. "As lâmpadas consomem energia"

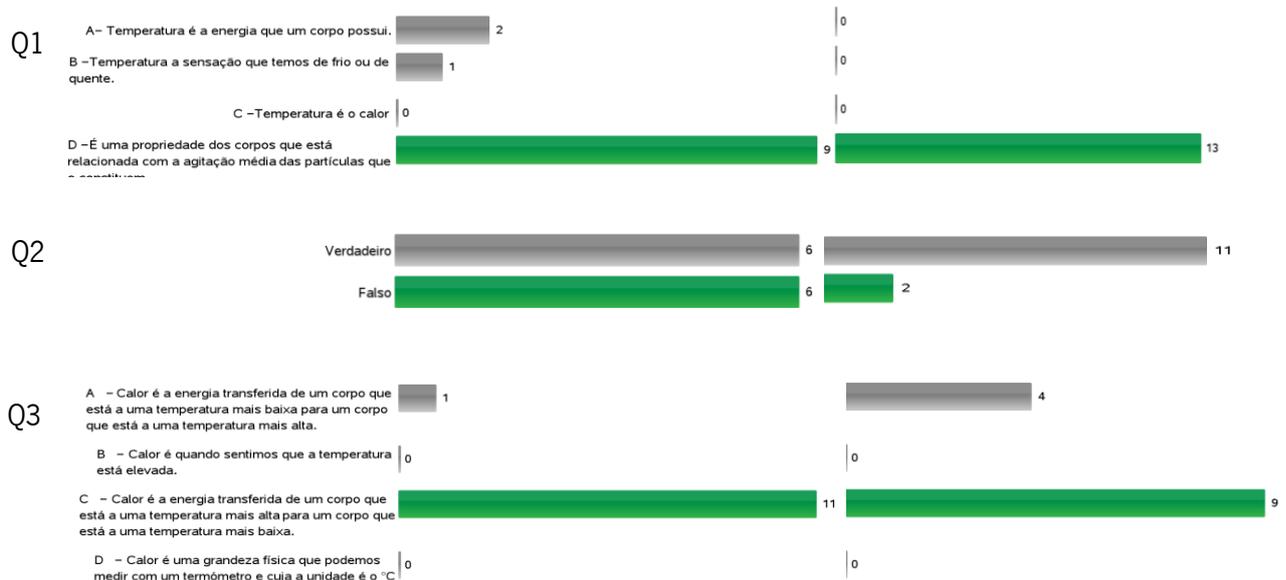
Q8. É possível aquecer as mãos de três formas diferentes. Nas descrições abaixo indique a forma de transferência de energia que ocorreu.

1. Esfregando-as uma na outra.

2. Expondo-as aos raios de sol

3. Colocando-as sobre uma superfície quente.

Analisando as respostas ao questionário 1, constata-se que a maior parte dos alunos responde acertadamente às questões Q1 e Q3 embora isso não signifique que os conceitos estejam completamente estabelecidos, como revelam as respostas à questão Q2. Se os conceitos de Calor e Temperatura estivessem bem interiorizados a resposta à questão Q2 deveria também ser maioritariamente correta e tal não se verificou.



Na questão Q4, de resposta aberta, a maior parte dos alunos relaciona a quantidade de energia transferida com a massa da água ( $Q = m c \Delta T$ ) embora poucos (apenas 3) se refiram ao conceito de energia interna.

Na questão Q5, quase todos os alunos referem que será diferente mas poucos apresentam uma justificação correta. Este facto relaciona-se com a dificuldade que alguns alunos ainda têm em expressar corretamente por palavras os conceitos físicos e não só. É um problema transversal a todas as disciplinas e que se relaciona com a dificuldade de interpretação e de escrita em Português.

Em relação à questão Q6, verificou-se que cerca de metade dos alunos não conseguiu identificar a relação pretendida,  $Q = m c \Delta T$ . Provavelmente o que está aqui em jogo é, de novo, a dificuldade de interpretarem a pergunta.

Na questão Q7 pedia-se para os alunos comentarem a correção de três afirmações: "Hoje está muito calor" – por algumas respostas dadas percebe-se a confusão entre calor e radiação: "O dia está quente quando o Sol transmite calor", "Existe transferência de calor entre o Sol e o corpo humano"; "A energia está em risco de faltar. Poupe-a" – os alunos apontam o problema da escassez dos recursos não

renováveis, da dissipação de energia, mas nenhum aluno refere que a quantidade de energia, como um todo, se mantém constante; *“As lâmpadas consomem energia”* – esta afirmação mereceu diversos comentários, todos genéricos e pouco precisos, de novo não se focando no tópico central da conservação de energia, *“as lâmpadas consomem energia, de outro modo não conseguiriam transmitir luz”*, *“as lâmpadas consomem energia por isso dão luz”*, *“... todos sabemos que as lâmpadas gastam energia elétrica”*, *“para obtermos qualquer tipo de energia sabemos que temos de consumir energia”*. Nenhum aluno refere que as afirmações estão, cientificamente, incorretas. Verificou-se que esta questão não está adequada à capacidade interpretativa dos alunos. Talvez tivesse sido preferível dar-lhe outra formulação como por exemplo *“As três afirmações seguintes, embora usadas na linguagem do dia-a-dia, não são completamente corretas do ponto de vista científico. Escreva-as de uma forma cientificamente correta”*.

Finalmente, na questão Q8, em que se pretendia que os alunos identificassem as três formas de transferência de energia quando se aquecem as mãos esfregando-as uma na outra, ou expondo-as aos raios de sol, ou colocando-as sobre uma superfície quente, verificou-se que alguns alunos apenas se referem à transferência de energia sob a forma de calor, como se pode ver no exemplo mostrado na figura 3.2, esquecendo a radiação e o trabalho, apesar de estas formas de transferir energia terem sido relembradas nas aulas teórico-práticas deste módulo introdutório.

Q8 Pergunta:  
É Possível aquecer as mão de 3 formas diferentes. Nas descrições abaixo indique a forma de transferência de energia que ocorreu.  
1. Esfregando-as uma na outra.  
2. Expondo-as aos raios de sol  
3. Colocando-as sobre uma superfície quente.  
Leandro Responde:  
text("1. calor de uma mao para a outra  
2. calor dos raios do sol para a mao  
3. calor da superficie quente para a mao")

Figura 3.2 – Exemplo de uma resposta à questão Q8 do questionário 1

Com o sistema TI - Navigator é possível mostrar facilmente os resultados obtidos pelos alunos, como se ilustra na figura 3.3. Durante a análise e discussão das respostas os alunos puderam confrontar a suas ideias erradas sobre alguns conceitos e terão ficado receptivos à sua correção. Existe, na maior parte das situações, uma competitividade saudável entre eles, o que os faz querer obter melhores resultados para a próxima vez.

rendimento n...	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	+Pontos	Pontos totais	%	%
Total de pontos ...	1,0	1,0	5,0	1,0	1,0	9,0	9,0	0,0	28,0	Resultado ...	Resultado fin
Ruben	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	5,0	18%	18%
Miguel	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	3,0	3,0	0,0	9,0	32%	32%
Telma	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,0	8,0	29%	29%
Patricia	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	5,0	18%	18%
RicardoG	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	3,0	3,0	0,0	9,0	32%	32%
Tiago	0,0	1,0	5,0	1,0	1,0	2,0	0,0	0,0	11,0	39%	39%
Renato	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	4,0	1,0	0,0	9,0	32%	32%
Rui	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	3,0	0,0	0,0	6,0	21%	21%
RicardoP	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	4,0	14%	14%
Samuel	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	14%	14%
Leandro	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	5,0	2,0	0,0	10,0	36%	36%
RicardoC	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	7%	7%
Média	50%	92%	8%	92%	33%	23%	10%	0,0	6,8	24%	24%

Figura 3.3 – Resultados das respostas ao questionário 1

No seguimento da aula, e ainda antes da realização experimental da atividade laboratorial, foi pedido aos alunos que respondessem a um outro questionário (questionário 2 – ver página seguinte) por forma a diagnosticar os seus conhecimentos relacionados com circuitos elétricos e medição de grandezas elétricas.

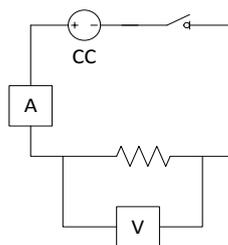
Na primeira pergunta deste questionário os alunos tinham de identificar os elementos do circuito apresentado e quase todos o conseguiram fazer com sucesso. A identificação das siglas que se referem a corrente contínua e corrente alternada (Q2) também parece ser do conhecimento dos alunos. O desconhecimento de assuntos relacionados com o tema *Corrente Elétrica* evidencia-se quando se pergunta aos alunos qual a função dos aparelhos (Q3) e como se ligam (Q6) num circuito. Também na questão Q4, em que era pedida a expressão que permite determinar a potência debitada por determinado aparelho a um circuito, menos de 50% dos alunos conseguiram responder acertadamente, embora o questionário tenha sido feito com recurso a consulta do manual. Na questão Q5, onde se pedia aos alunos que identificassem as grandezas físicas usadas em eletricidade e o respetivo símbolo da unidade, os alunos fizeram muita confusão. Reconhecesse contudo que a formulação desta questão não é muito clara. Na figura 3.4 pode-se ver um exemplo típico de resposta a esta questão.

Unidades SI	grandezas físicas	Símbolo
ampere	intensidade	i
segundo	tempo	s
volt	deferenca*potencial	u
watt	energia	w
joule	energia	j
kelvin	temperatura	k

Figura 3.4 – Exemplo de uma resposta à questão Q5 do questionário 2

## Questionário 2 – AL 0.1 – Rendimento no aquecimento - eletricidade

Q1. Identifique os elementos do circuito



Q2. Quais são as siglas usadas para designar corrente contínua e corrente alternada?

Q3. Uma fonte de alimentação ligada a um circuito elétrico tem como função

- A... manter uma diferença de potencial entre os seus terminais.
- B... consumir cargas elétricas.
- C... criar cargas elétricas.

Q4. Escreva a expressão que permite saber a potência debitada por determinado aparelho a um circuito

Q5. Identifique as grandezas físicas e o respetivo símbolo da grandeza cujas unidades SI são:

Unidades SI	Grandeza	Símbolo
ampere		
segundo		
Volt		
watt		
joule		
ohm		
kelvin		

Q6. Das seguintes afirmações selecione as verdadeiras

- Um amperímetro intercala-se em paralelo.
- Um amperímetro pode ser ligado diretamente a um gerador.
- O amperímetro mede a diferença de potencial.
- O amperímetro mede a intensidade da corrente que atravessa um circuito.
- Num circuito quando se liga o amperímetro já não se pode ligar o voltímetro.

Depois de analisadas e discutidas as respostas a este questionário considera-se que os alunos estão preparados para realizar a atividade laboratorial que consta do protocolo em anexo (anexo 1). As questões que se encontram na parte final do protocolo são respondidas no grupo de trabalho e depois discutidas oralmente entre todos.

O questionário final de verificação/avaliação desta atividade, questionário 3, não foi feito nesta aula mas sim no início da aula laboratorial seguinte para os alunos terem tempo de amadurecer as ideias e esclarecer as dúvidas.

### Questionário 3 – AL 0.1 – Rendimento no aquecimento (pós)

Q1. Qual a definição que escolheria para temperatura?

- A – Temperatura é uma medida da energia interna que um corpo possui.
- B – Temperatura é a sensação que temos de frio ou de quente.
- C – Temperatura é o calor.
- D – Temperatura é uma medida da energia que um corpo possui.

Q2. Qual a definição que escolheria para o conceito *Calor*?

- A – Calor é a energia transferida de um corpo que está a uma temperatura mais baixa para um corpo que está a uma temperatura mais alta.
- B – Calor é quando sentimos que a temperatura está elevada.
- C – Calor é a energia transferida de um corpo que está a uma temperatura mais alta para outro corpo que está a uma temperatura mais baixa.
- D – Calor é uma grandeza física que podemos medir com um termómetro e cuja unidade é o °C

Q3. É possível aquecer as mãos de três formas diferentes. Nas descrições abaixo indique a forma de transferência de energia que ocorreu (uma palavra para cada situação).

1. Esfregando-as uma na outra.
2. Expondo-as aos raios de sol
3. Colocando-as sobre uma superfície quente.

Q4. Identifique as grandezas físicas e o respetivo símbolo da grandeza cujas unidades SI são:

Unidades SI	Símbolo da unidade SI	Grandeza física	Símbolo da grandeza física
ampere			
segundo			
volt			
watt			
joule			
ohm			
kelvin			

Q5. Das seguintes afirmações selecione a(s) verdadeira(s)

- Um amperímetro intercala-se em paralelo.
- Um amperímetro pode ser ligado diretamente a um gerador.
- O amperímetro mede a diferença de potencial.
- O amperímetro mede a intensidade da corrente que atravessa um circuito.
- Num circuito quando se liga o amperímetro já não se pode ligar o voltímetro.

Q6. Das questões que se seguem selecione a(s) verdadeira(s)

- A energia interna de um sistema depende da quantidade de matéria e da sua temperatura.
- O calor é uma manifestação macroscópica da energia interna de um sistema.
- O valor da grandeza Calor indica-nos a temperatura a que um corpo se encontra.
- A unidade SI de energia é o joule
- quilowatt-hora é uma unidade de potência.

Q7. Aqueceram-se, durante 2 min, 100 g de água ( $c = 4.180 \times 10^3 \text{ J / (kg } ^\circ\text{C)}$ ) com uma resistência de aquecimento, efetuando-se as seguintes leituras:  $I = 4 \text{ A}$ ; d.d.p. = 7,5 V;  $\Delta\theta = 5,8 \text{ } ^\circ\text{C}$

- a energia recebida pela resistência será 14400 J e o calor cedido para a água será de 13200J, sendo o rendimento de 92%
- a energia recebida pela resistência será 3600J e o calor cedido para a água será de 2424.2J, sendo o rendimento de 67.3%

Q8. Aqueceram-se  $150 \text{ cm}^3$  de água com uma resistência ligada a circuito elétrico medindo-se adequadamente, com dois multímetros, a diferença de potencial e a intensidade de corrente que percorre o circuito. Com um sensor de temperatura mede-se a temperatura ao longo do tempo. Os valores obtidos estão registados na tabela seguinte.

Dados:  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ,  $c_{\text{H}_2\text{O}} = 4180 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$

T (min)	Temp.( $^\circ\text{C}$ )	I (A)	U (V)
1	18.5	1.77	6.84
2	18.8	1.78	6.86
3	20.3	1.79	6.88
4	21.3	1.79	6.89
5	22.3	1.79	6.93
6	22.9	1.79	6.97
7	23.5	1.77	7.00
8	23.9	1.77	7.03
9	25.2	1.76	7.04
10	26.2	1.76	6.83

Q8.1. O rendimento neste processo de aquecimento é de

- A – 48,3%
- B – 12,3%
- C. – 65.3 %
- D – 80,0 %

Este questionário tem perguntas semelhantes às dos questionários prévios e serve para verificar se houve evolução no domínio dos conceitos inerentes a esta atividade.

Analisando as respostas à questão Q1 verifica-se que os alunos assinalam maioritariamente as opções A e D. Embora a opção D não esteja correta, pois o termo energia pode englobar quer a energia interna quer a energia cinética macroscópica, os alunos não foram capazes de distinguir esta pequena *nuance*.

Q1

A – Temperatura é uma medida da energia interna que um corpo possui	10	8
B – Temperatura é a sensação que temos de frio ou de quente.	0	0
C – Temperatura é o calor	0	0
D – Temperatura é uma medida da energia que um corpo possui.	2	5

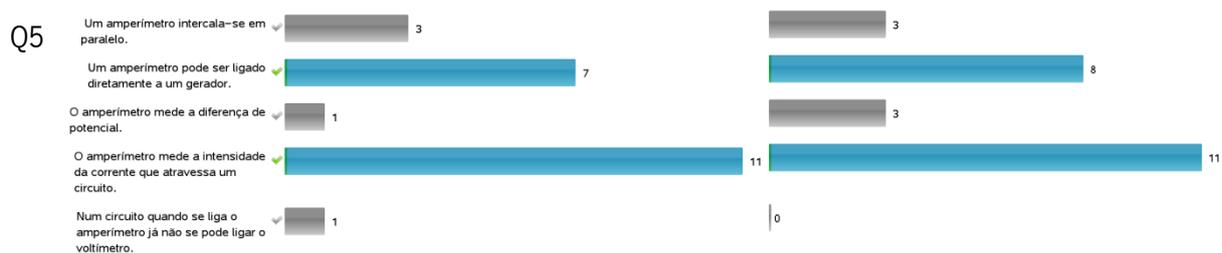
O conceito de calor (Q2), pelo menos da forma como a questão está feita, leva a respostas corretas por parte dos alunos.



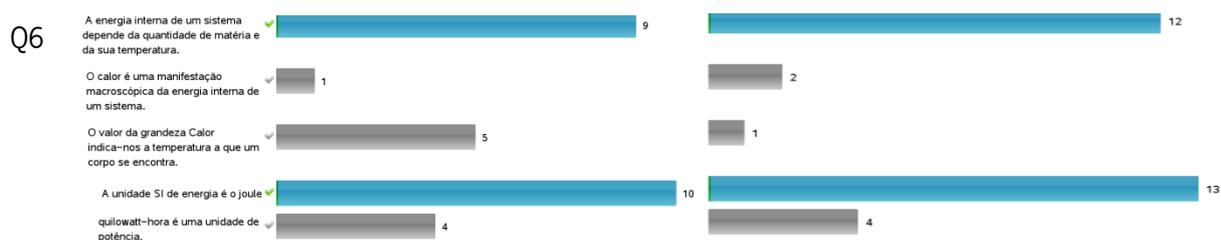
Em relação à questão Q3, apenas cerca de 40% dos alunos responde corretamente. Continua a haver confusão entre tipos de energia e modos de transferência pois em vez de dizerem que a transferência de energia ocorre como trabalho falam em “energia mecânica”, “energia cinética”, “energia calorífica”. Quando se querem referir à transferência de energia por radiação alguns dizem “energia potencial”, “energia química”, “energia radiante”, “energia solar”. E continua a haver alunos que dizem que o processo de transferência de energia é sempre como calor.

Na questão Q4 pretende-se que os alunos identifiquem o símbolo das unidades SI, a grandeza física que representam e o símbolo dessa grandeza física. A pergunta está mais clara e houve aqui uma melhoria de resultados relativamente à mesma questão do questionário anterior.

Com a questão Q5 pretende-se saber se os alunos já conhecem o modo como se ligam os aparelhos de medida (voltímetro e amperímetro) num circuito elétrico e, como se pode ver pela imagem junta, a maioria dos alunos já responde corretamente.

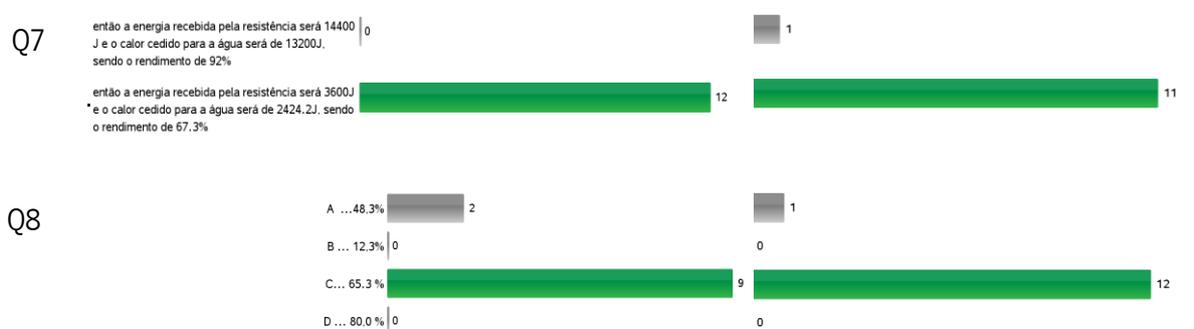


A questão Q6, tal como a anterior é uma questão em que os alunos devem identificar as opções corretas. Nesta questão misturam-se vários conceitos o que exige bastante atenção por parte dos alunos. Os resultados podem-se ver na imagem junta.



Embora haja uma melhoria relativamente ao questionário anterior ainda se verifica que alguns alunos confundem os conceitos de calor, energia interna e temperatura. Verifica-se também que alguns alunos desconhecem que o quilowatt-hora é uma unidade de energia e não de potência, mesmo sendo a unidade usada nas faturas dos consumos elétricos de suas casas e tendo-lhes isso sido referido.

As questões Q7 e Q8 são de resolução numérica e idênticas às resolvidas pelos alunos no tratamento dos resultados experimentais da atividade laboratorial. São questões algo trabalhosas mas os alunos dispõem das fórmulas e seguem uma “receita”. Como se vê nas imagens juntas a grande maioria dos alunos chegou aos resultados certos. Refira-se que, durante a atividade laboratorial, os alunos estiveram a trabalhar em grupo e agora estão a responder a este questionário individualmente, o que parece mostrar que todos perceberam como se fazem os cálculos.



A figura 3.5 mostra os resultados obtidos neste questionário pelos alunos do turno 1. Apesar de ainda serem medianos (66%) verifica-se uma melhoria nas aprendizagens dos alunos (24% no quadro anterior).

rendimento n...	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	+Pontos	Pontos totais	%	%
Total de pontos ...	1,0	1,0	3,0	18,0	2,0	2,0	1,0	0,0	29,0	Resultado ...	Resultado fir
Ruben	1,0	1,0	1,0	18,0	2,0	2,0	1,0	0,0	27,0	93%	93%
Miguel	1,0	1,0	1,0	12,0	1,0	1,0	1,0	0,0	19,0	66%	66%
Telma	1,0	1,0	2,0	18,0	2,0	2,0	1,0	0,0	28,0	97%	97%
Patricia	1,0	1,0	0,0	9,0	2,0	2,0	1,0	0,0	17,0	59%	59%
RicardoG	1,0	1,0	2,0	12,0	1,0	2,0	1,0	0,0	21,0	72%	72%
Tiago	1,0	1,0	3,0	12,0	1,0	0,0	1,0	0,0	20,0	69%	69%
Renato	1,0	1,0	3,0	6,0	2,0	1,0	1,0	0,0	15,0	52%	52%
Rui	1,0	1,0	3,0	11,0	1,0	2,0	1,0	0,0	21,0	72%	72%
RicardoP	1,0	1,0	3,0	15,0	2,0	1,0	1,0	0,0	25,0	86%	86%
Samuel	1,0	1,0	1,0	12,0	1,0	1,0	1,0	0,0	18,0	62%	62%
Leandro	0,0	1,0	0,0	12,0	2,0	1,0	1,0	0,0	17,0	59%	59%
RicardoC	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	1,0	0,0	10,0	34%	34%
Média	83%	92%	53%	67%	71%	63%	100%	0,0	19,8	68%	68%

Figura 3.5 – Resultados das respostas ao questionário 3

## AL 1.1 – Absorção e emissão de radiação

Esta atividade laboratorial, inserida na unidade *Do Sol ao Aquecimento*, tem como objetivo comparar o poder de absorção de energia sob a forma de radiação por parte de diferentes superfícies (superfície branca, superfície preta, superfície espelhada). Como já se referiu, nos programas de FQ-A antigos a transferência de energia por radiação era considerada um dos processos de transferência de energia como calor, para além da condução e da convecção. Nos programas atuais a transferência de energia sob a forma de radiação é tratada como uma entidade específica – ondas eletromagnéticas que se transmitem mesmo no vazio.

São analisadas as transferências e transformações de energia entre sistemas verificando-se que a radiação incidente numa superfície pode ser parcialmente refletida, transmitida ou absorvida e que parte da absorvida pode ser emitida. Esta atividade serve ainda para chamar a atenção dos alunos para a grande importância da radiação solar para a vida na Terra e de como ela pode ser usada como fonte de energia limpa e renovável, principalmente em Portugal onde temos cerca de 3000 horas de Sol por ano.

Os alunos dispõem previamente de um protocolo (anexo2). Nesta atividade laboratorial faz-se incidir, durante um certo intervalo de tempo, uma radiação proveniente de uma lâmpada de incandescência sobre três latas iguais, uma pintada de preto, outra de branco e uma terceira com a superfície espelhada, e registam-se as variações de temperatura no seu interior ao longo do tempo. Fazem-se as representações gráficas e interpretam-se. Na figura 3.6 mostra-se um gráfico típico obtido usando duas latas (uma branca e outra preta), quando exposta a uma luz de uma lâmpada incandescente e depois esta é desligada.

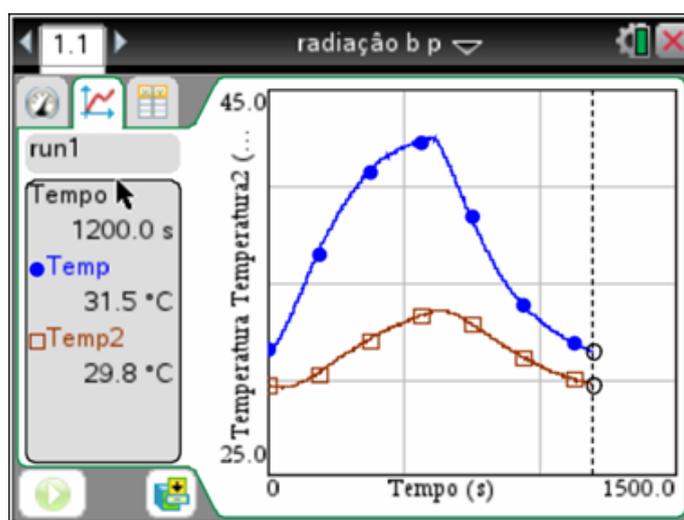


Figura 3.6 – Gráfico da temperatura ao longo do tempo no interior de duas latas, uma branca e outra preta

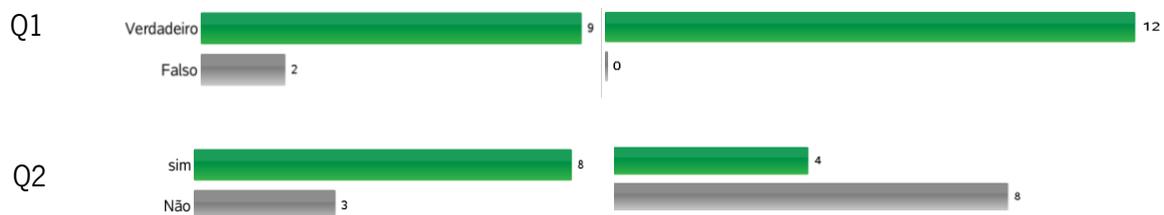
Os dados recolhidos mostram que a superfície preta (curva azul) é um bom absorvedor de radiação (maior elevação de temperatura no interior da lata) enquanto que a superfície branca é um mau absorvedor, pois reflete uma maior quantidade de radiação. Como se pode ver um mau absorvedor é também um mau emissor – na lata branca a taxa de emissão de radiação é menor isto é o arrefecimento é menor no mesmo intervalo de tempo.

Comparando a forma dos gráficos obtidos para diferentes superfícies os alunos devem ser capazes de as relacionar com as taxas de reflexão/absorção (emissão) de radiação de cada superfície, com vista a responderem às questões problema desta atividade experimental que são *“Porque é que as casas alentejanas são, tradicionalmente, caiadas de branco?”* e *“Porque é que a parte interna de uma garrafa-termo é espelhada?”*. Devem ainda ser capazes de associar cada região do gráfico às transferências e transformações de energia que estão a ocorrer. Os alunos devem ainda perceber que há vários fatores a afetar a forma destes gráficos para além do tipo de superfície irradiada, como por exemplo a inclinação, a distância ou a colocação de obstáculos entre a fonte de radiação e a superfície.

As questões do protocolo são respondidas dentro do grupo de trabalho, sendo os resultados dos quatro grupos analisados e discutidos na turma usando o sistema TI - Navigator que permite que todos os resultados sejam projetados sendo assim visualizados por todos os alunos.

O questionário final individual, questionário 4 (ver página seguinte), é formado por seis questões embora três delas tenham apenas duas opções de resposta o que dá aos alunos 50% de probabilidade de acertarem mesmo sem saberem a resposta.

Os alunos parecem saber que a radiação são ondas eletromagnéticas (Q1) embora não percebam bem as implicações deste conceito, como se vê pelas respostas à questão Q2. Cerca de 50% dizem que se abandonarmos um objeto quente no vácuo ele arrefece e os outros dizem que não.



Esta questão é interessante. Certamente se se perguntasse aos alunos se a radiação eletromagnética se propagava no vácuo eles responderiam que sim, uma vez que isso foi abordado no

presente ano letivo no estudo das radiações no âmbito da química. No entanto, nesta questão, cerca de metade dos alunos não associa a transferência de energia por radiação eletromagnética ao arrefecimento do corpo quente.

#### Questionário 4 – AL 1.1 – Emissão e Absorção de energia

Q1. A radiação é uma forma de transferir energia entre sistemas através de ondas eletromagnéticas.

- Verdadeiro
- Falso

Q2. Se abandonarmos um corpo quente no vácuo ele irá arrefecer?

- Sim
- Não

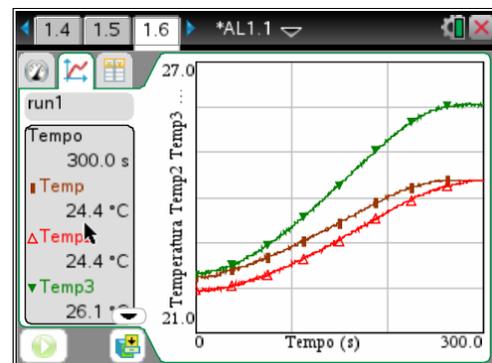
Q 3. Quando uma radiação incide numa superfície parcialmente opaca pode ser

- A – apenas absorvida
- B – absorvida e transmitida mas nunca refletida
- C – parcialmente absorvida, refletida e transmitida
- D – toda refletida

Q4. A emissividade de um corpo depende da composição e da superfície.

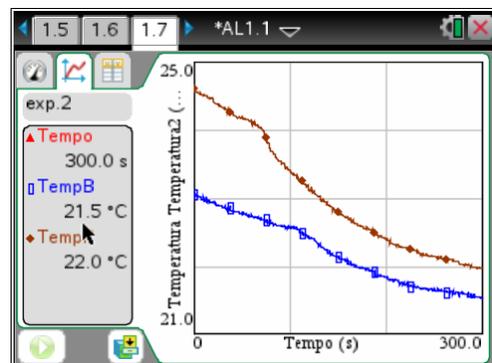
- Verdadeiro
- Falso

Q5 Da análise do gráfico seguinte verifica-se que ao fim de 265 s a temperatura praticamente estabiliza. Será que a partir deste instante as latas deixam de absorver radiação?

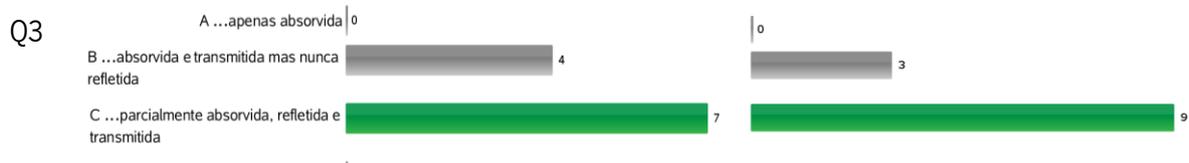


Q6 A partir do gráfico o que pode concluir quanto ao poder emissor das duas latas (preta e branca)

- A – São iguais
- B – O poder emissor da lata preta é maior que o poder emissor da branca
- C – O poder emissor da lata preta é menor do que o da lata branca



As respostas à questão Q3, como se vê na imagem junta, mostram que o conceito de reflexão da radiação, apesar de ser um dos objetivos específicos desta atividade e de ter sido explorado na discussão das questões introdutórias, não ficou claro para todos os alunos. Há sete alunos que acham que a radiação nunca é refletida quando incide numa superfície parcialmente opaca.



Na questão Q4 a quase totalidade dos alunos afirma que a emissividade depende da composição e da superfície do material, uma vez que para latas diferentes obtiveram resultados diferentes.

Com as questões Q5 e Q6 pretendia-se verificar se os alunos percebem as transformações e transferências de energia que estão a ocorrer ao longo da irradiação (Q5) e depois de se desligar a lâmpada (Q6). A forma como a questão Q5 está feita, não permitiu atingir o objetivo pretendido porque a maior parte dos alunos limita-se a responder *não*, sem qualquer justificação. Na questão Q6 quase todos acertam pois a visualização dos gráficos da variação da temperatura ao longo do tempo das superfícies branca e preta torna a resposta intuitiva.

A figura 3.7 mostra os resultados obtidos neste questionário agora por parte dos alunos do turno 2.

AL1.1	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	+Pontos	Pontos totais	%	%
Total de pontos ...	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	6,0	Resultado ...	Resultado fin
Ana	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	5,0	83%	83%
Dulce	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	5,0	83%	83%
Eugénio	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	4,0	67%	67%
Daniel	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	6,0	100%	100%
Andreia	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	6,0	100%	100%
JCarlos	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	3,0	50%	50%
Gabriela	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	4,0	67%	67%
JoanaD	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	5,0	83%	83%
Jorge	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	4,0	67%	67%
Média	100%	33%	75%	83%	92%	0%	92%	0,0	4,8	79%	79%

Figura 3.7 – Resultados das respostas ao questionário 4

## AL 1.2 – Energia fornecida por um painel fotovoltaico

A constante preocupação com a proteção do ambiente e o problema da escassez de recursos não renováveis tem levado à procura incessante de recursos alternativos, renováveis. Entre estes encontra-se o aproveitamento da energia solar. As células fotovoltaicas, também designadas por células solares, são hoje em dia muito familiares, podendo ser observadas em diversos sítios como telhados das casas, sinalizações nas autoestradas, máquinas de calcular, relógios solares, etc.

Nas células solares comuns o elemento mais importante, do ponto de vista da conversão de energia solar em energia elétrica, é um semicondutor de silício (Si). O silício puro é um material isolador (cristalino e sem eletrões livres) mas, se for dopado (contaminado com pequenas quantidades de outros elementos adequados), pode-se tornar relativamente condutor (semicondutor). Escolhendo adequadamente os elementos dopantes podem-se obter semicondutores com excesso de eletrões livres (semicondutores tipo n) ou com défice de eletrões livres (semicondutores tipo p). O semicondutor usado nas células fotovoltaicas tem uma camada tipo n e outra tipo p, permitindo assim a obtenção de uma diferença de potencial entre estas duas regiões do material (Fiolhais e al, 1ª edição). Estas células são designadas por células fotovoltaicas porque transformam energia radiante (fotões) numa diferença de potencial entre os dois polos da célula.

Parte da radiação solar, ao incidir na célula fotovoltaica, é absorvida e transfere energia para esta criando uma diferença de potencial na junção p-n do semicondutor. Ligando os dois polos da célula por um fio condutor permite-se a passagem dos eletrões da zona onde estão em excesso para a zona em que são deficitários. Gera-se assim um movimento de eletrões (corrente elétrica contínua). Estas células são sensíveis (absorvem) a radiação na zona do ultravioleta próximo e do visível. Os painéis fotovoltaicos devem assim ser orientados de modo a permitirem uma eficiente absorção da energia solar. Se forem fixos devem ser montados orientados para sul e com uma inclinação de 45°. Por vezes são montados em cima de estruturas móveis que vão acompanhando o movimento do sol ao longo do dia, maximizando assim o efeito fotovoltaico. Em Portugal Continental é na região Sul que o número médio anual de horas de insolação<sup>4</sup> é maior, como se vê na figura 3.8, porque é a região de menor latitude (apresenta um maior ângulo de incidência da radiação solar) mas também porque, devido às condições do relevo, é a região de menor nebulosidade.

---

<sup>4</sup> Horas de insolação – número de horas de sol descoberto (irradiância superior a 1 kW/m<sup>2</sup>), acima do horizonte.

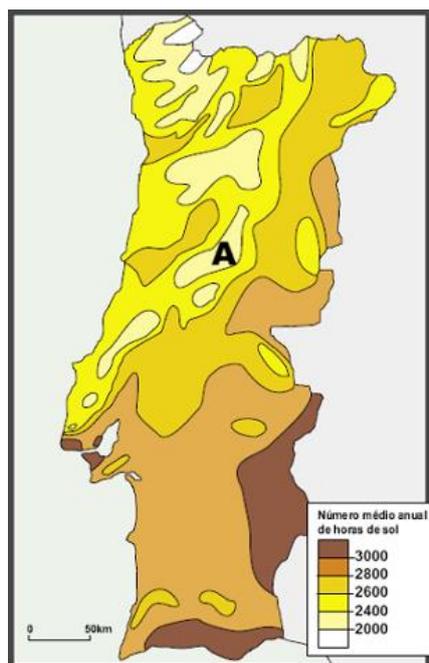


Figura 3.8 – Representação do número médio anual de horas de insolação em Portugal Continental<sup>5</sup>

As células fotovoltaicas produzem uma corrente contínua e por isso, para que esta energia possa ser aproveitada nas nossas casas, é necessário um transformador que converta a corrente contínua em corrente alternada, uma vez que a maior parte dos aparelhos que temos em casa funcionam com este tipo de corrente. Também é necessária a existência de um acumulador (tipo pilha) que garanta o fornecimento de energia mesmo durante a ausência de luminosidade. Durante o dia a pilha carrega e durante a noite debita energia elétrica. Os sistemas fotovoltaicos têm tamanhos muito diferentes. Por exemplo para fornecer energia elétrica a uma lâmpada basta uma pequena célula, mas para fornecer energia a uma casa necessitamos de vários painéis fotovoltaicos (cada painel é constituído por 36 células).

Nesta atividade experimental pretende-se que os alunos pensem e deem resposta à seguinte questão problema: “*Pretende-se instalar um painel solar fotovoltaico de modo a produzir a energia elétrica necessária ao funcionamento de um conjunto de eletrodomésticos. Como proceder para que o rendimento seja máximo?*”

---

<sup>5</sup> Fonte: Brito, R. S.. *Portugal, perfil geográfico*. Editorial Estampa. Lisboa 1994consultado na página <http://bi.gave.min-edu.pt/bi/es/965/4129> em janeiro de 2013

Nesta experiência os alunos verificam que quando a luz (solar ou artificial) incide num painel fotovoltaico é gerada uma diferença de potencial ( $\Delta V$ ) nos seus terminais e que esta diferença de potencial depende das condições de iluminação (tipo de fonte de radiação, intensidade luminosa, área iluminada, inclinação da fonte de radiação, ...). Por outro lado os alunos sabem que para se conseguir acender uma lâmpada ligando-a a uma pilha é necessário que a pilha tenha, entre os seus polos, uma diferença de potencial adequada, que podemos medir com um voltímetro. A potência elétrica necessária para se acender a lâmpada está associada à existência dessa diferença de potencial. Usando então a analogia com a pilha e a lâmpada, os alunos podem perceber a transformação energética que está a ocorrer no painel fotovoltaico – a energia solar é convertida em energia elétrica, através da diferença de potencial criada na fotocélula.

Intercalando uma resistência ( $R$ ) entre os dois polos da célula fotovoltaica pode-se calcular a potência elétrica ( $P$ ) que está a ser utilizada medindo a diferença de potencial aos terminais da resistência ( $U$ ) e a intensidade da corrente ( $I$ ) que percorre o circuito, uma vez que  $P = U I$ .

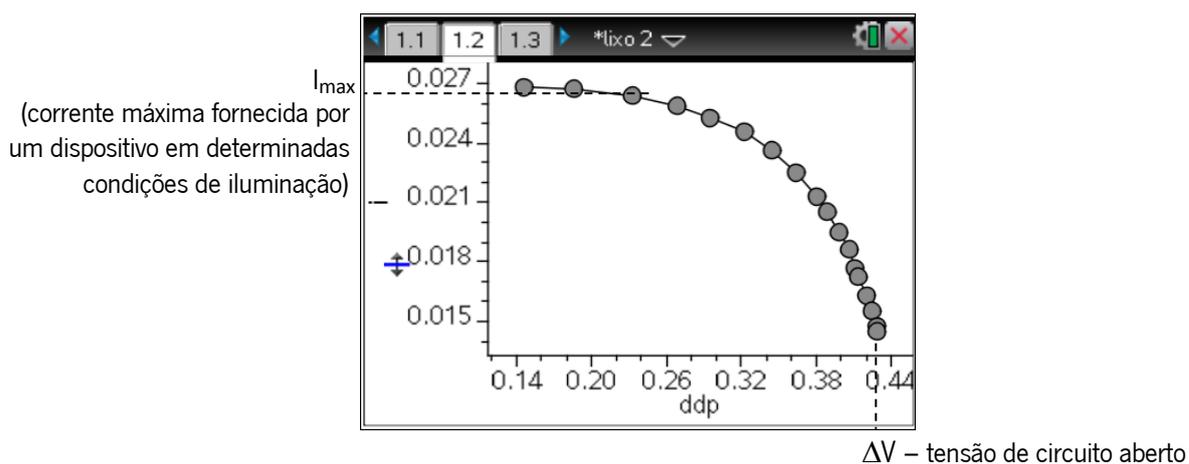


Figura 3.9 – Gráfico mostrando a relação entre a intensidade da corrente e a diferença de potencial nos terminais da resistência, para valores de resistência crescentes

Na atividade experimental proposta aos alunos o circuito montado inclui uma resistência variável (reóstato) que pretende simular os diversos eletrodomésticos existentes numa habitação e que se podem ir ligando em simultâneo. Variando o valor da resistência verifica-se que, até determinado valor de  $R$ , o valor da intensidade da corrente que atravessa o circuito mantém-se aproximadamente constante (o painel fotovoltaico funciona como uma fonte de corrente constante) (ver figura 3.9). O valor da intensidade de corrente máxima ( $I_{max}$ ) que atravessa o circuito depende das características do próprio circuito e da diferença de potencial criada pela radiação na célula solar,  $\Delta V$  – tensão em circuito aberto. À

medida que a resistência do circuito aumenta, e enquanto a intensidade da corrente se mantiver aproximadamente constante, aumenta a tensão de funcionamento ( $U = R I$ ) e a potência pedida ao painel fotovoltaico ( $P = U I$ ).

Para resistências mais elevadas a tensão pedida ao circuito começa a aproximar-se da diferença de potencial em circuito aberto ( $\Delta V$ ), valor máximo que pode ser cedido. A corrente decresce então rapidamente com o aumento de  $R$  como se pode ver no gráfico mostrado na figura 3.9, para valores de  $U$  maiores que  $\approx 0,30$  V. O ponto de máxima potência (PMP) corresponde ao ponto a partir do qual a intensidade da corrente começa a decrescer com o aumento da resistência. Este ponto é mais facilmente visualizável num gráfico em que se represente a potência ( $P = U I$ ) em função dos valores crescentes da resistência (ou da tensão de funcionamento), como se pode ver pela linha a vermelho na figura 3.10. No ponto de máxima potência a intensidade de corrente que percorre o circuito é próxima do seu valor máximo e a tensão de funcionamento é próxima da tensão em circuito aberto.

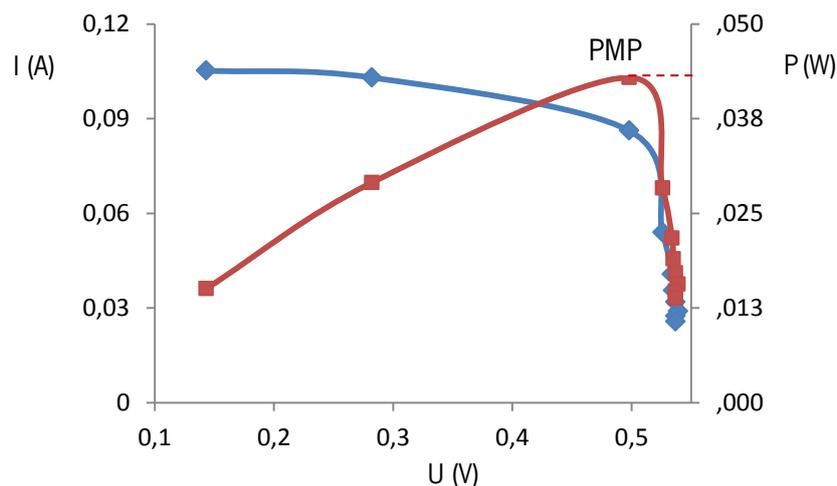


Figura 3.10 – Gráfico mostrando a variação da intensidade da corrente (linha azul) e da potência (linha a vermelho) com a tensão de funcionamento do circuito

Para a realização desta atividade os alunos seguem o protocolo experimental que lhes é fornecido (Anexo 3). Metade dos alunos fazem a radiação incidir perpendicularmente à fotocélula (ângulo de incidência nulo) e a outra metade faz a radiação incidir segundo um certo ângulo, para depois se poderem comparar e discutir os resultados obtidos.

Com base nos conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores e ao longo desta atividade experimental os alunos respondem, no final da atividade e através do sistema TI - Navigator, a um questionário individual (questionário 5), como forma de verificação dos conceitos adquiridos.

### Questionário 5 – AL 1.2 – Painel Fotovoltaico

Q1. Qual a transformação de energia que ocorre num painel fotovoltaico?

- Elétrica em radiante
- Radiante em térmica
- Térmica em radiante
- Radiante em elétrica

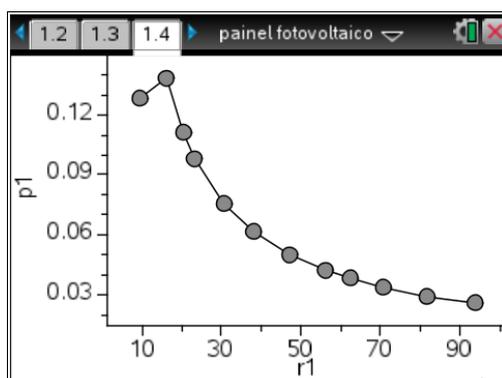
Q2. Um painel fotovoltaico é um gerador de corrente elétrica porque cria uma diferença de potencial nos seus terminais.

- Verdadeiro
- Falso

Q3. Numa região muito quente a utilização de painéis solares é muito rentável?

- Sim
- Não

Q4. Analise o gráfico seguinte



Q4.1 Do gráfico podemos inferir que a resistência exterior que permite obter a maior potência elétrica é

- 0.12  $\Omega$
- 0.16  $\Omega$
- 16.0  $\Omega$
- 20.0  $\Omega$

Q4.2 Sabendo que apenas a radiação visível é eficiente para produzir o efeito fotovoltaico num painel solar e que a lâmpada utilizada para provocar este efeito neste painel foi uma lâmpada de incandescência de 100W em que apenas 5% desta potência é na região do visível, o rendimento deste painel é de

- A – 2,8%
- B – 28 %
- C – 0,14%
- D – 100%

Q5. Numa casa gastam-se 3000 kWh por ano e esta está situada numa localidade em que o período de insolação é de 5 h por dia.

Q5.1 A potência necessária será

- A – 600.00KW      B – 600.00W  
C – 1.64kW      D – 2.0000 kW

Q5.2. Se cada célula de um painel tiver uma potência máxima de 2W então o número de células será

- A – 1000      B – 2000  
C – 820      D – 1500

Q5.3 Se cada painel tiver 36 células e cada célula tiver o tamanho de 10 cm<sup>2</sup> que área ocupará o conjunto de painéis necessários a esta habitação?

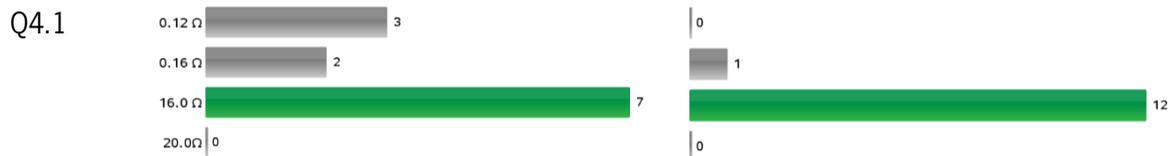
- 82800.00 m<sup>2</sup>       8.20 m<sup>2</sup>  
 0.82 m<sup>2</sup>       10000 m<sup>2</sup>

Q6. Os painéis solares instalados numa habitação em Portugal devem estar orientados para o Sul e com uma inclinação de 45°

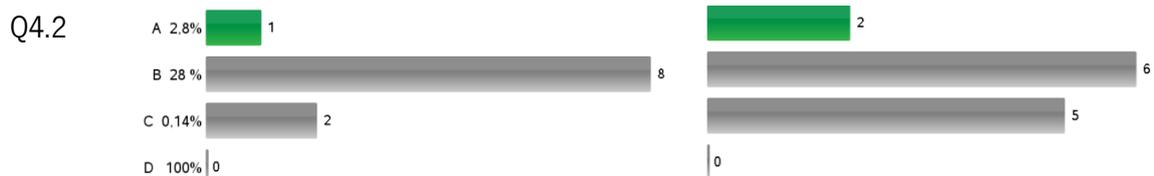
- Verdadeiro  
 Falso

Analisando as respostas ao questionário 5, constata-se que na questão Q1 os alunos foram unânimes em responder que se trata de uma transformação de energia radiante em energia elétrica. Na questão Q2, a grande maioria dos alunos associa a criação da corrente elétrica à criação de uma diferença de potencial nos terminais da célula fotovoltaica e a questão Q3 é também respondida numa forma maioritariamente correta. Estas questões têm, no entanto, apenas duas opções de resposta o que facilita a escolha dos alunos...

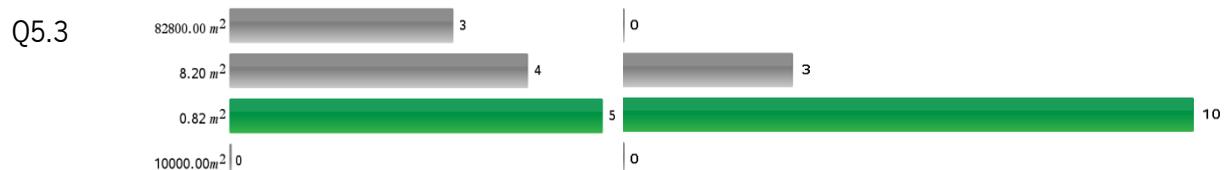
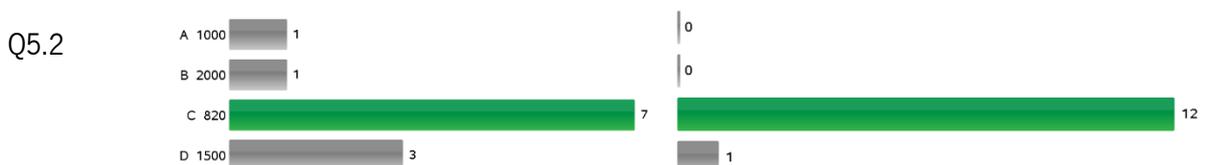
As questões Q4 e Q5 são de resolução numérica. A questão 4.1 é respondida apenas por observação do gráfico. A construção e análise de gráficos é uma competência que é importante ser trabalhada porque os alunos mostram sempre dificuldades. No final da atividade laboratorial os alunos construíram, em grupo, com os seus resultados experimentais, um gráfico semelhante ao apresentado na questão Q4.1, gráfico da potência elétrica em função da resistência de carga. O gráfico de cada grupo foi projetado com recurso ao “Apresentador ao Vivo” da tecnologia TI-Navigator e foram todos analisados. É assim surpreendente que cerca de 1/4 dos alunos responda de forma errada a esta questão, como se pode ver na imagem junta.



Analisem-se agora os resultados da questão Q4.2. Os alunos tinham apenas de retirar do gráfico a potência máxima debitada pelo painel (0,14W), potência útil, e tinham de saber que a potência fornecida era de 5W. No entanto, como a questão não foi formulada de forma direta, indicando logo os valores como em alguns exercícios feitos nas aulas teóricas, verificou-se que a grande maioria dos alunos não foi capaz de chegar ao resultado correto, como se pode ver analisando a imagem junta – apenas três alunos responderam acertadamente. Refira-se contudo que a resposta apresentada pela maioria dos alunos é 28% o que parece mostrar que a maioria dos alunos fez bem os cálculos mas depois foi induzida em erro pelas opções de resposta – terão achado que 28% seria um valor mais plausível do que 2.8%.



As questões 5.1, 5.2 e 5.3 são questões numéricas e bastante semelhantes a outras feitas em aulas anteriores. Esta atividade experimental terá ajudado os alunos a entender a razão dos cálculos, mas mesmo assim notam-se algumas dificuldades quer nos cálculos quer em efetuar reduções de unidades.



A questão Q6 só não é respondida corretamente por um aluno.

Na figura 3.11 mostram-se os resultados obtidos pelo turno 2 neste questionário (a identificação das questões no questionário e no quadro de respostas não é exatamente a mesma uma vez que o software assume cada alínea como uma nova questão).

painel fotovol...	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	+Pontos	Pontos totais	%	%
Total de pontos ...	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	9,0	Resultado ...	Resultado fir
Ana	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	8,0	89%	89%
Dulce	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	8,0	89%	89%
Eugénio	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	7,0	78%	78%
Daniel	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	7,0	78%	78%
Andreia	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	8,0	89%	89%
JCarlos	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	8,0	89%	89%
Gabriela	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	8,0	89%	89%
JoanaD	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	9,0	100%	100%
Jorge	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	8,0	89%	89%
Débora	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	6,0	67%	67%
JoanaE	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	8,0	89%	89%
Cristiana	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	6,0	67%	67%
João	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	8,0	89%	89%
Média	100%	100%	92%	92%	15%	92%	92%	0,0	7,6	85%	85%

Figura 3.11 – Resultados das respostas dos alunos do turno 2 ao questionário 5

### AL 1.3 – Capacidade Térmica Mássica

Tal como é dito nas orientações para o ensino da Física e da Química constantes do programa oficial de 10º ano,

*“...[a visão] do ensino da Ciência [está] estruturada em torno de [uma ideia central] – a compreensão do mundo na sua globalidade e complexidade requer o recurso à interdisciplinaridade com vista a conciliar as análises fragmentadas que as visões analíticas dos saberes disciplinares fomentam e fundamentam. As visões disciplinares serão sempre complementares. .... [É] um tipo de ensino que privilegia o conhecimento em ação (por oposição ao conhecimento disciplinar) e é conhecido por “ensino CTS” (Ciência-Tecnologia-Sociedade) ou “CTS-A” (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente) dada a natureza ambiental dos problemas escolhidos para tratamento”.*

Assim, e para dar cumprimento às orientações programáticas, deve-se procurar em todos os temas abordados, encontrar questões interdisciplinares e do dia-a-dia dos alunos que possam ser

explicadas usando os conceitos que estão a ser abordados. O conceito de *capacidade térmica mássica* ajusta-se muito bem a esta orientação metodológica.

Os alunos ouvem nas aulas de História que, na idade média, uma das formas como os castelos eram defendidos era lançando azeite a ferver sobre os invasores obrigando-os a dispersar. Nas aulas de Geografia aprendem que os desertos, pela falta de humidade, são muito quentes de dia mas de noite são muito frios, ou ainda que as zonas junto ao litoral têm um clima mais ameno do que as regiões mais interiores. Também as situações do dia-a-dia servem de desafio e de motivação para a abordagem deste tema. Todos já sentiram que quando caminham pela praia num dia muito quente têm por vezes de correr até chegar à água, para deixar de sentir a sensação de queimar, contudo quer a água quer a areia estiveram expostas à mesma radiação. De modo a encontrar uma explicação para estas situações é solicitado aos alunos a resposta às questões problemas propostas para a atividade laboratorial AL 1.3

*Porque é que no verão a areia fica escaldante e a água do mar não?*

*Porque é que os climas marítimos são mais amenos do que os continentais?*

Com esta atividade os alunos irão consolidar o conceito de capacidade térmica mássica, inferindo que é uma propriedade característica de cada material. Vão fornecer a mesma quantidade de energia, durante o mesmo intervalo de tempo, a materiais diferentes e vão poder observar que a temperatura atingida por cada um deles é diferente.

Os alunos já sabem que a energia interna de um corpo se pode transferir na forma de calor e que o calor ( $Q$ ) recebido por um sistema pode ser calculado pela expressão

$$Q = m c \Delta\theta$$

onde  $m$  representa a massa do corpo,  $c$  a sua capacidade térmica mássica e  $\Delta\theta$  a variação de temperatura ocorrida durante o aquecimento.

Nesta atividade a energia transferida para o corpo (bloco de cobre ou de alumínio) é energia elétrica fornecida por uma resistência que se coloca no orifício próprio existente no interior do bloco metálico (calorímetro). Nas duas atividades laboratoriais anteriores os alunos já aprenderam que a potência fornecida por uma resistência elétrica ( $P$ ) é dada por  $P = UI$  e também sabem que a potência é a energia por unidade de tempo. Podem então calcular a energia fornecida pela resistência ( $E$ ) durante o intervalo de tempo em que esta está ligada, como sendo

$$E = P \Delta t = UI \Delta t$$

( $U$  é a diferença de potencial nos terminais da resistência,  $I$  a intensidade da corrente que atravessa o circuito elétrico e  $\Delta t$  o intervalo de tempo durante o qual a resistência está ligada).

Se toda a energia fornecida pela resistência fosse transferida para os blocos metálicos ter-se-ia

$$m c \Delta\theta = U / \Delta t$$

Mas os alunos também já sabem, da atividade laboratorial AL 0.1, que o rendimento no aquecimento nunca é de 100% porque há sempre dissipação de calor, que é transferido para as vizinhanças do sistema. Esta diferença entre a energia fornecida e a energia realmente utilizada deve ser minimizada. Nesta atividade laboratorial minimiza-se a energia dissipada colocando glicerina (um bom condutor de calor) nos orifícios onde se coloca a resistência e o sensor de temperatura. Outro problema que pode surgir e impedir a verificação da relação  $m c \Delta\theta = U / \Delta t$  é a dissipação de energia por condução e por radiação que se minimiza não deixando a resistência elétrica ligada durante muito tempo, para que a temperatura na resistência não seja muito elevada.

Existem outros conceitos, relacionado com esta atividade laboratorial, que os professores devem estar preparados para esclarecer, principalmente se as questões forem levantadas pelos alunos. Uma questão que pode (e deve) ser abordada é a seguinte: *Em casa se andarmos descalços na tijoleira, num soalho de madeira ou num tapete, parece que a tijoleira está mais fria que a madeira e esta mais fria que o tapete, mas estará mesmo? Então porque temos esta sensação?* A propriedade que aqui está em jogo é a condutividade térmica, que mede a velocidade a que se dá a transferência de calor. Materiais como os tecidos têm uma baixa condutividade térmica, transferem pouca energia por segundo, e por isso mantemos a sensação de pés quentes durante muito mais tempo do que se os pusermos em cima de materiais com uma elevada condutividade térmica, como por exemplo os metais ou as cerâmicas vidradas.

Outra questão que pode (e deve) ser objeto de reflexão no âmbito desta atividade laboratorial, fazendo a ligação com conhecimentos anteriores de química, é: *Porque é que o azeite a ferver é mais quente que a água a ferver? Se aquecermos a água durante mais tempo ela não vai ficar à temperatura do azeite?* Os alunos têm de perceber que os materiais sofrem mudanças de fase e que quando isso acontece as suas propriedades se alteram drasticamente. Acima de 100°C deixamos de ter água líquida e passamos a ter vapor de água. O fornecimento de mais calor à água não a fará atingir uma temperatura superior a 100°C, enquanto que o azeite só muda de fase a uma temperatura superior a 250°C! Até se atingir essa temperatura o azeite vai sempre ficando mais quente.

A atividade experimental desenvolve-se de acordo com o protocolo fornecido aos alunos (anexo 4). Começam por ser enquadrados os objetivos da atividade laboratorial e formuladas algumas questões

introdutórias que os alunos discutem e respondem em grupo. Passa-se depois à fase de planeamento da atividade experimental identificando as medidas necessárias para a concretização dos objetivos da experiência. Seguidamente os alunos montam o circuito elétrico e passam à execução experimental da atividade, fazendo a recolha de dados e os cálculos necessários à determinação da capacidade térmica mássica de cada um dos blocos. Por fim faz-se, em grande grupo, uma reflexão sobre o conjunto de resultados obtidos, respondendo às questões problema.

Para verificar se, individualmente, os conceitos estão bem consolidados os alunos respondem ao questionário 6 que se encontra na página seguinte.

Analisando as respostas obtidas verifica-se, pelas respostas à questão Q1, que todos sabem que fornecendo a mesma quantidade de calor a dois materiais diferentes mas com a mesma massa estes vão atingir temperaturas diferentes.

A questão Q2, embora seja do tipo *verdadeiro ou falso* e possa conduzir a respostas aleatórias, mostra que os alunos sabem a definição de capacidade térmica mássica uma vez que apenas um aluno responde erradamente.



As respostas à questão Q3.1 não ficaram registadas. No entanto, pelas respostas à questão Q3.2, vê-se que a maioria dos alunos diz que o cobre aumenta mais a sua temperatura do que o alumínio quando lhe é fornecida a mesma quantidade de calor. Pode-se então inferir que a maioria tenha obtido um valor de capacidade térmica mássica mais baixo para o cobre do que para o alumínio.



A questão Q4 é de resposta aberta e os resultados obtidos são bastante fracos (39% no turno 1 e 60% no turno 2). Pedia-se aos alunos que dessem uma justificação mas eles têm muita dificuldade em se expressar corretamente. Embora alguns digam que a água no recipiente de cobre aquece mais rapidamente, as justificações não estão cientificamente corretas.

### Questionário 6 – AL 1.3 – Capacidade Térmica Mássica

Q1. Fornece-se a mesma quantidade de calor a dois blocos com a mesma massa mas feitos de materiais diferentes. Em condições ideais

- Os dois blocos ficam à mesma temperatura
- Os dois blocos ficam a temperaturas diferentes
- O bloco que tem maior área atinge uma temperatura maior

Q2. Se um corpo de 1kg tiver um valor de capacidade térmica mássica igual a 385 J/(kg K) isso significa que para elevar a sua temperatura 1°C temos de lhe fornecer 658.15 J.

- Sim       Não

Q3.1 A partir dos dados já existentes na tabela complete a mesma calculando Ef (energia fornecida) e c (capacidade térmica mássica), se cada bloco tiver a massa de 1kg.

Dados: dt (intervalo de tempo (s)), dtemp. (variação de temperatura (°C)), U (diferença de potencial (V)), I (intensidade da corrente (A))

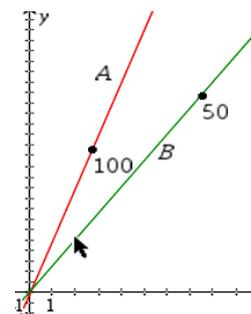
Material	dt	dtemp.	U	I	Ef	c
Cobre	600	30.4	9.46	3.13		
Alumínio	598	14.8	9.11	3.13		

Q3.2. Atendendo aos valores obtidos para a capacidade térmica mássica do alumínio e do cobre, se fornecer a mesma quantidade de calor a 1 kg de cada um destes materiais

- O de alumínio fica mais quente
- O de cobre fica mais quente
- Ficam ambos à mesma temperatura
- Não se pode saber porque depende da forma dos materiais

Q4. Se colocarmos duas panelas, uma de cobre e outra de alumínio a aquecer a mesma quantidade de água, em qual delas a água aquecerá mais rapidamente? Justifique.

Q5. O gráfico junto mostra como varia a energia transferida na forma de calor em função da variação de temperatura, para dois metais A e B com a massa de 1kg.



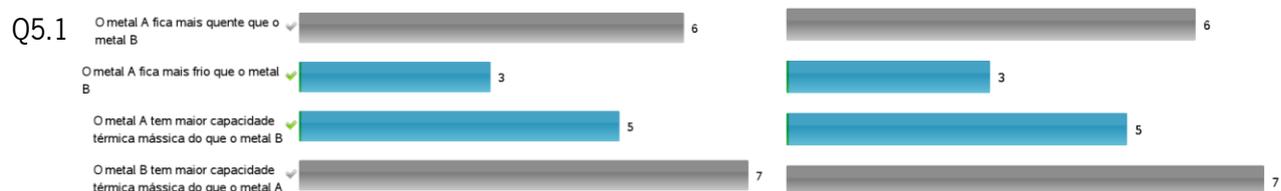
Q5.1 Os declives das retas indicam que

- O metal A fica mais quente que o metal B
- O metal A fica mais frio que o metal B
- O metal A tem maior capacidade térmica mássica do que o metal B
- O metal B tem maior capacidade térmica mássica do que o metal A

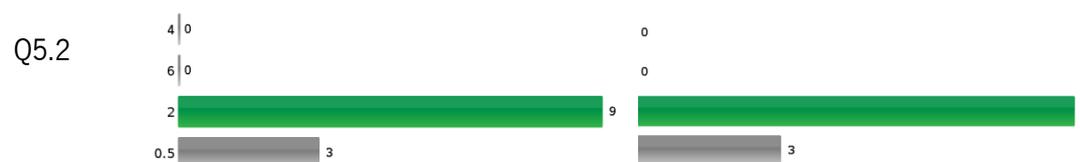
Q5.2 A razão entre a capacidade térmica mássica do metal A e do metal B,  $c_A/c_B$  é:

- 4
- 6
- 2
- 0,5

A questão Q5.1 envolvia a análise de um gráfico e verifica-se mais uma vez a grande dificuldade que os alunos têm na sua interpretação uma vez que a maior parte não respondeu acertadamente ou porque não associou o declive de cada reta à capacidade térmica mássica de cada material ou porque, mesmo associando depois não conseguiu inferir qual aqueceria mais.



Curiosamente os resultados na questão Q5.2 são melhores mas provavelmente isso não significa que os alunos tenham associado verdadeiramente o declive destas retas às capacidades térmicas mássicas dos materiais. Provavelmente jogaram com os valores do gráfico de modo a encontrar uma das opções que lhe parecesse plausível.



A figura 3.12 mostra os resultados obtidos pelo turno 1 neste questionário.

capacidade t...	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	+Pontos	Pontos totais	%	%
Total de pontos ...	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	0,0	8,0	Resultado ...	Resultado final
Ruben	1,0	1,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	5,0	63%	63%
Miguel	1,0	1,0	1,0	1,5	0,0	1,0	0,0	5,5	69%	69%
Felma	1,0	1,0	1,0	2,5	0,0	1,0	0,0	6,5	81%	81%
Patricia	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	3,0	38%	38%
RicardoG	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	4,0	50%	50%
Tiago	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	0,0	0,0	6,0	75%	75%
Renato	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	5,0	63%	63%
Rui	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	3,0	38%	38%
RicardoP	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	3,0	38%	38%
Bamuel	1,0	1,0	1,0	2,0	0,0	1,0	0,0	6,0	75%	75%
Leandro	1,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	0,0	5,0	63%	63%
RicardoC	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	3,0	38%	38%
Média	100%	92%	67%	39%	8%	75%	0,0	4,6	57%	57%

Figura 3.12 – Resultados das respostas dos alunos do turno 1 ao questionário 6

## AL 1.4 – Balanço energético num sistema termodinâmico

Nas atividades laboratoriais anteriores, principalmente na AL0.1 e na AL1.3, os alunos perceberam que o aumento de temperatura de um sistema termodinâmico é uma medida do aumento da sua energia interna e é consequência da energia que lhe é fornecida sob a forma de calor ( $Q = m c \Delta\theta$ ).

Com esta atividade pretende-se que os alunos sejam confrontados com uma situação em que se mostra que, por vezes, nem toda a energia fornecida a um sistema termodinâmico é usada para aumentar a sua temperatura. Parte da energia fornecida pode ser usada em certas mudanças de fase (mudanças de estado físico). O aluno deve perceber, ainda que apenas qualitativamente, que uma mudança de estado físico acarreta alterações estruturais profundas nos materiais o que faz com que a sua energia interna varie sem que isso se manifeste por uma variação de temperatura. Durante a mudança de fase a energia é usada para alterar a estrutura dos materiais.

Nesta atividade experimental usa-se a água no estado sólido e no estado líquido, já que é uma substância fácil de manipular pelos alunos e em relação à qual é possível fazer a ligação a situações do dia-a-dia conhecidas dos alunos (questões problema). Colocando em contacto uma certa massa de gelo à temperatura aproximada de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  com outra massa de água à temperatura inicial  $\theta_i$  (sendo  $\theta_i > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), ocorrem transferências de energia sob a forma de calor até que, passado um certo intervalo de tempo, a mistura atinge o equilíbrio térmico ficando à temperatura final ( $\theta_f$ ) tendo a água, que se encontrava a uma temperatura mais elevada, cedido energia ao gelo. Parte desta energia vai ser usada para fazer o gelo mudar de estrutura passando duma estrutura mais organizada (estado sólido) para uma estrutura em que as moléculas têm interações mais fracas entre si e maior liberdade vibracional (estado líquido). Esta mudança de estrutura, mudança de estado físico, consome energia e por isso, enquanto o gelo estiver a fundir, a sua temperatura mantém-se constante. Cada substância tem um valor característico para esta energia gasta na mudança de estado. Por exemplo para a água o chamado calor latente de fusão, que se representa por  $L_f$  ou  $\Delta H_f$ , tem o valor de  $334\text{ kJ kg}^{-1}$  ou seja, são necessários  $334\text{ kJ}$  para fundir  $1\text{ kg}$  de gelo. Pode-se então definir  $Q_f$  (calor de fusão) como a quantidade de energia necessária para fundir uma dada massa ( $m$ ) de uma determinada substância, e o seu valor é apenas o produto do calor latente de fusão pela massa,  $Q_f = L_f m$ . Se o conceito de calor de fusão tiver sido percebido pelos alunos, estes devem ser capazes de discutir as questões problema e antecipar a sua resposta.

As questões problema para esta atividade são:

*Para arrefecer um copo de água será mais eficaz colocar nele água a 0°C ou uma massa igual de gelo à mesma temperatura? Qual é a temperatura final da água nas duas situações, após ter decorrido o intervalo de tempo necessário para fundir toda a massa de gelo utilizada?*

Após a discussão dos balanços energéticos subjacentes a esta atividade laboratorial espera-se que os alunos entendam que, genericamente e em todas as situações, há sempre transferência de energia do corpo que se encontra à temperatura mais elevada para o corpo que se encontra à temperatura mais baixa até se atingir o equilíbrio térmico, como já foi referido nas atividades laboratoriais anteriores (ALO.1 e AL1.3). No entanto, quando essa transferência de energia envolve uma mudança de estado físico como a fusão (arrefecer com gelo) verifica-se que a temperatura para a qual se atinge o equilíbrio térmico é menor do que se o arrefecimento for com água a 0°C, uma vez que na primeira situação se dá um arrefecimento do corpo mais quente (água) sem que se dê uma elevação de temperatura do corpo mais frio (gelo) enquanto este estiver a fundir.

Pormenorizando cada um dos balanços energéticos tem-se, para a situação de arrefecimento ideal de uma dada quantidade de água, que se encontra inicialmente à temperatura ambiente  $\theta_i$ , por adição de uma certa quantidade de água fria (0 °C):

$$Q'_A + Q_a = 0$$

sendo:

$Q'_A$  – o calor cedido (negativo) pela água que se encontra à temperatura ambiente

$Q_a$  – o calor recebido (positivo) pela água fria (0°C)

Numa situação real o sistema não é perfeitamente isolado e por isso existem trocas de calor com o ambiente ( $Q_d$ ). Como o sistema está a uma temperatura inferior à ambiente o ambiente cede calor ao sistema esperando-se assim que  $Q_d$  seja negativo. O balanço energético fica então

$$Q'_A + Q_d + Q_a = 0$$

No caso de se arrefecer a água com gelo, considerando a mesma quantidade de água e à mesma temperatura inicial  $\theta_i$ , pode-se escrever

$$Q_A + Q_d + Q_G = 0$$

em que agora a parcela  $Q_G$  (quantidade de energia recebida pelo gelo) tem duas contribuições, sendo uma a energia necessária para fundir o gelo, calor latente de fusão,  $Q_f$ , e a outra o calor recebido pelo gelo para elevar a sua temperatura desde 0°C até à temperatura  $\theta_f$ , ( $Q_g$ ).

$$Q_A + Q_d + Q_f + Q_g = 0$$

Infelizmente, nas condições experimentais existentes no laboratório, a parcela de calor trocado com o ambiente ( $Q_d$ ) é muito significativa o que por vezes torna difícil a interpretação dos resultados obtidos.

Os alunos realizam a atividade experimental seguindo o protocolo que se encontra no anexo 5. Antes de se iniciar a realização experimental da atividade são discutidas, em grupo, as questões introdutórias que constam do protocolo. Após a realização experimental da atividade os alunos fazem os cálculos necessários e, ainda em grupo, analisam e refletem sobre os resultados obtidos e discutem a questão problema. Os resultados e a forma como cada grupo os está a tratar pode ser mostrada a toda a turma usando o sistema TI - Navigator.

Para verificar se os conceitos foram bem assimilados, no final da atividade laboratorial é aplicado, individualmente, através do sistema TI - Navigator, o questionário 7.

#### Questionário 7 – AL 1.4 – Balanço num sistema termodinâmico

Q1. Quando uma substância passa do estado sólido ao estado líquido diz-se que...

- Condensou       Fundiu       Sublimou  
 Vaporizou       Solidificou

Q 2. Quando uma substância condensa passa...

- do estado líquido ao estado sólido  
 do estado líquido ao estado gasoso  
 do estado sólido ao estado líquido  
 do estado sólido ao estado gasoso  
 do estado gasoso ao estado líquido

Q 3. À pressão de uma atmosfera as fases sólida e líquida da água podem coexistir à temperatura de...

- 100°C                       273,15 °C  
 0°C                             273,15 K  
 373,15K

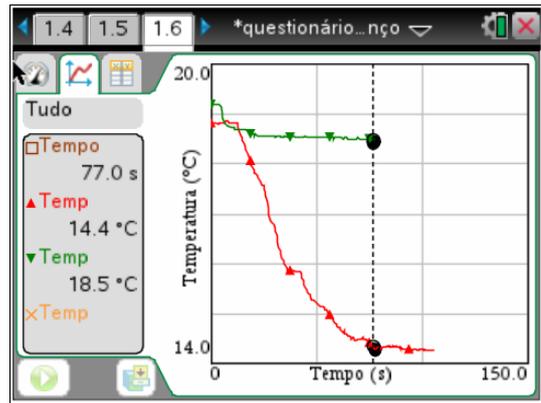
Q4. Que mudanças de fase são acompanhadas pela absorção de energia como calor?

- $H_2O(l) \Rightarrow H_2O(s)$         $H_2O(s) \Rightarrow H_2O(l)$   
  $H_2O(g) \Rightarrow H_2O(l)$         $H_2O(s) \Rightarrow H_2O(g)$   
  $H_2O(g) \Rightarrow H_2O(s)$

Q5. Qual é a temperatura de equilíbrio de uma mistura de gelo e água a uma pressão de 1 atmosfera?

- 0°C                             32°C  
 100°C                         273,15 °C

Q6. Observe atentamente o gráfico junto



Q6.1 Se a massa de água utilizada for de 150 g, e sabendo que o  $c$  da água é  $4.186 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , o calor transferido pela água ao gelo é de:

- 2000,1 J
- 2825,6 J
- 2000,1 J
- 2825,6 J

Q6.2 Sabendo que a massa de gelo utilizada foi de 11,2 g, que o  $c$  da água é  $4.186 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  e que o calor de fusão do gelo é  $335 \text{ KJ kg}^{-1}$ , a energia recebida pelo gelo até ser atingido o equilíbrio térmico foi de:

- 4422.4 J
- 674182.0 J
- 3752.3 J
- 5022.5 J

Q6.3 A energia dissipada neste processo de arrefecimento da água pelo gelo foi:

- 2856.9 J
- 2826,6 J
- 1596.9 J
- Nenhuma

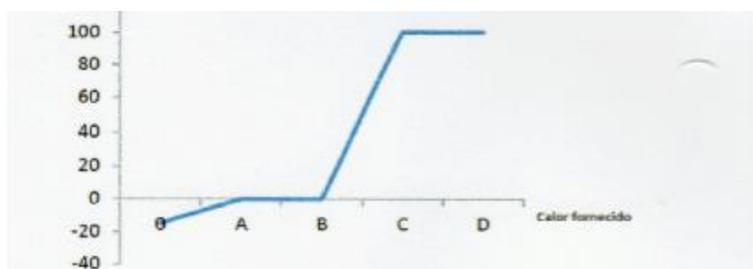
Q6.4 Se a massa de água utilizada foi de 150 g, e sabendo que o  $c$  da água é  $4.186 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  o calor transferido pela água (temperatura ambiente) à água fria com a massa igual à de gelo utilizada (11.2g) foi:

- 32.82 J
- 32.82 J
- 32.82 J
- 32818,2 J
- 439.5J

Q6.5 Pelo balanço energético indique o valor da energia dissipada e explique o sinal obtido.

Q7. Se a um pedaço de gelo de 20g à temperatura inicial de  $-15^\circ\text{C}$  se fornecer uma determinada quantidade de calor, a sua temperatura vai aumentar podendo traçar-se o gráfico apresentado. Em cada espaço indique o valor do calor fornecido até esse ponto.

$c_{\text{água}} = 4190 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$   
 $c_{\text{gelo}} = 2100 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$   
 $L_{\text{fusão}} = 335 \text{ KJ kg}^{-1}$   
 $L_{\text{vaporização}} = 2.26 \text{ MJ kg}^{-1}$



A

C

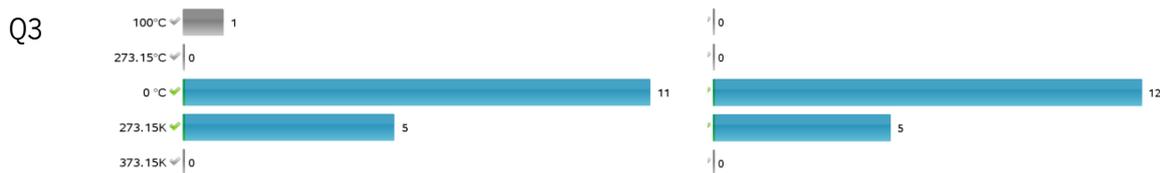
B

D

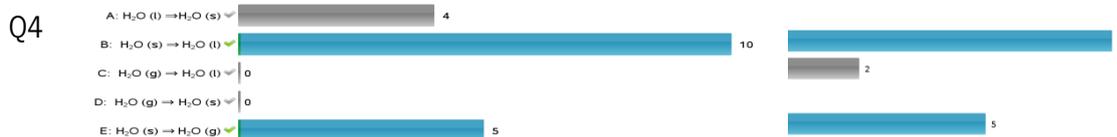
Da análise do questionário 7 pode-se concluir que todos os alunos sabem o que significa  *fusão* (Q1) mas nem todos sabem o que significa  *condensação* como se pode ver pelo quadro junto que mostra como responderam à questão Q2.



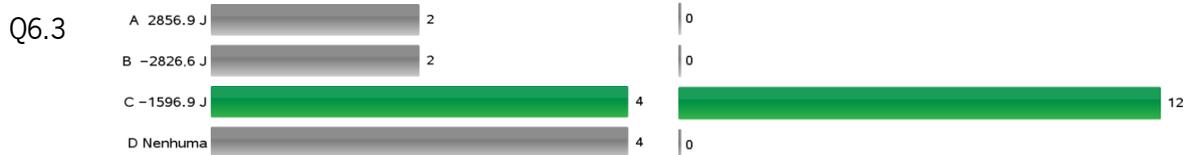
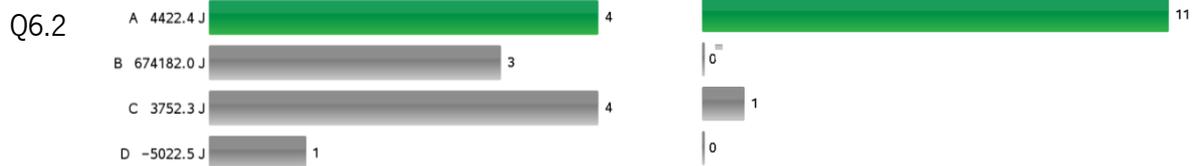
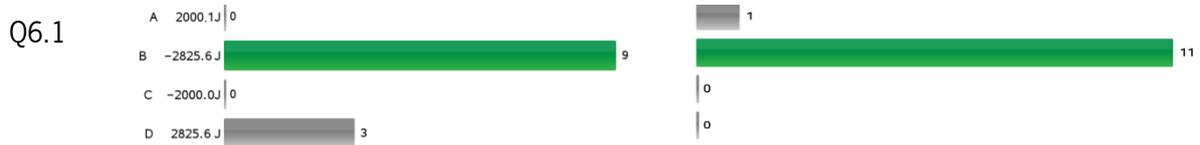
As questões Q3 e Q5 são idênticas mas os resultados são bem diferentes! Acredita-se que todos os alunos sabem que a temperatura de fusão da água pura é 0°C, no entanto há vários alunos que não estão familiarizados com a relação entre a escala em °C e em K, como se constata na questão Q3.



No quadro junto mostram-se os resultados da questão Q4. Espera-se que os alunos saibam que é preciso fornecer calor para evaporar a água e retirar calor para a congelar no entanto, da forma como a questão está feita permitiu verificar a dificuldade dos alunos a interpretar dados apresentados de forma esquemática havendo vários alunos a errar.



A questão Q6 é uma replicação dos cálculos realizados, em grupo, no final da aula laboratorial. Pretendia-se verificar se todos tinham percebido uma vez que agora tinham de fazer os cálculos individualmente. Facilmente se vê pelos quadros juntos que os alunos do turno 2 perceberam como os cálculos se faziam enquanto que no turno 1 há vários a responder erradamente.



A questão Q6.4 implicava que os alunos voltassem ao gráfico que estava no início da questão e retirassem a temperatura de equilíbrio. Muitos não terão percebido o que tinham de fazer e terão respondido aleatoriamente.



Havendo maus resultados nesta questão eles teriam também de ser maus na seguinte. Assim, na questão Q6.5 há apenas dois alunos a responderem corretamente.

A última questão, Q7, é de resposta aberta. Vários alunos escrevem nas caixas os valores das temperaturas. Nas caixas A e D nenhum aluno escreve o valor correto. Nas caixas B e C apenas um aluno em cada turno obtém os valores corretos.

Na figura 3.13 podem-se ver os resultados obtidos pelo turno 1 no questionário 7. O valor global obtido é de apenas 38%.

questionário ...	Q8	Q9	Q10	Q11-a	Q11-b	Q11-c	Q11-d	+Pontos	Pontos totais	%	%
Total de pontos ...	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	15,0	Resultado ...	Resultado fi
Ruben	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	67%	67%
Miguel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	33%	33%
Telma	1,0	1,0	2,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	9,5	63%	63%
Patrícia	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	20%	20%
RicardoG	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	27%	27%
Tiago	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	53%	53%
Renato	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	13%	13%
Rui	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	40%	40%
RicardoP	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	40%	40%
Samuel	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	33%	33%
Leandro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	27%	27%
RicardoC	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	40%	40%
Média	33%	58%	15%	0%	0%	0%	8%	0,0	5,7	38%	38%

Figura 3.13 – Resultados das respostas dos alunos do turno 1 ao questionário 7

No final destas quatro primeiras atividades laboratoriais, inseridas na unidade temática *Do Sol ao Aquecimento*, os alunos discutiram várias situações de conservação e transformações de energia principalmente sob a forma de calor e de radiação. Na próxima unidade temática, *Energia e Movimento*, a discussão continua a centra-se na conservação e transformações de energia mas agora sob a forma de trabalho. A energia associada à realização de trabalho pode ser cinética ou potencial para além da dissipada sob a forma de calor, som, deformação, etc. São três as atividades laboratoriais propostas nesta unidade temática: *Energia cinética ao longo de um plano inclinado*, *Bola saltitona* e *O atrito e a variação de energia mecânica*.

## AL 2.1 – Energia Cinética ao longo de um plano inclinado

Quando largamos um corpo de massa  $m$  do cimo de uma rampa o peso do corpo faz com que este desça o plano inclinado com movimento retilíneo uniformemente acelerado. Sobre o corpo atuam o seu peso ( $\vec{P}$ ) e a força normal ( $\vec{N}$ ). A resultante destas duas forças não se anula – é uma força dirigida ao longo do plano inclinado de valor  $mg \cos \alpha$ . O corpo adquire assim uma aceleração constante ( $a$ ) igual a  $g \cos \alpha$ , e ganha energia cinética de translação à custa da energia potencial gravítica. O diagrama de forças do bloco de massa  $m$  ilustra-se na figura 3.14.

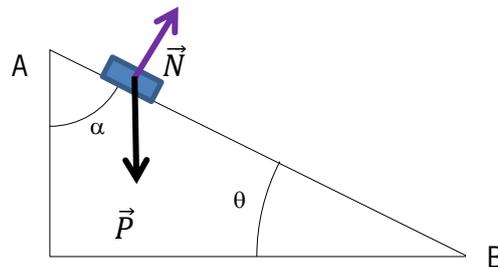


Figura 3.14 – Diagrama de forças de um corpo num plano inclinado sujeito apenas à força gravítica  $\vec{P}$

Se largarmos o corpo de A com velocidade nula ( $v_A = 0$ ) este desloca-se ao longo da rampa atingindo o ponto B com velocidade  $v_B$ . A energia cinética do corpo em B ( $E_c$ ) relaciona-se com a sua massa e com a velocidade com que atinge o ponto B:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Sempre que um corpo varia a sua energia cinética diz-se que foi realizado trabalho sobre o corpo. O trabalho ( $W$ ) realizado sobre o corpo para o deslocar de A até B é dado por

$$W_{AB} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = \Delta E_c$$

Para variar a energia cinética tem de se variar a velocidade e esta só varia se existir aceleração ou seja se existir uma força resultante a atuar sobre o corpo, que no caso do plano inclinado é a componente do peso ao longo do plano.

Neste trabalho é apresentada aos alunos a seguinte questão-problema:

*Um carro encontra-se no cimo de uma rampa. Acidentalmente é destravado e começa a descer a rampa. Como se relaciona a energia cinética do centro de massa do carro com a distância percorrida ao longo da rampa?*

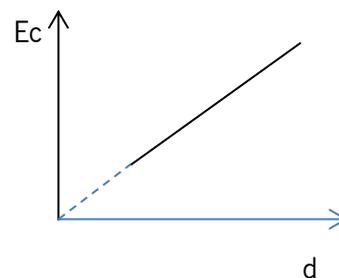
Para responder a esta questão os alunos realizam uma experiência, de acordo com o protocolo que se encontra no anexo 7, em que medem a velocidade de um carrinho à medida que este desce a rampa (considera-se que o carrinho e a rampa constituem um sistema de baixo atrito). Posteriormente constroem o gráfico da energia cinética em função da distância percorrida que mostra a existência de uma proporcionalidade direta entre estas duas grandezas.

Os alunos sabem que o trabalho é o produto da força ao longo da direção do movimento pelo deslocamento,

$$W = P \cos \alpha d = mg \cos \alpha d = \Delta E_c$$

$$\text{e então } \frac{\Delta E_c}{d} = mg \cos \alpha$$

Os diversos grupos usaram carrinhos de massas diferentes e diversas inclinações da rampa podendo assim inferir a relação existente entre estas grandezas e o declive da reta obtido.



No final do trabalho laboratorial e da discussão e análise dos resultados obtidos, é proposto aos alunos que respondam individualmente, através do sistema TI-Navigator, ao questionário 8.

### Questionário 8 - Energia Cinética ao longo de um plano inclinado

Q1. Um carro e um camião são largados (sem velocidade inicial) do cimo de uma rampa. No final da rampa, desprezando todos os atritos:

- O carro tem maior energia cinética que o camião
- O camião tem maior energia cinética que o carro
- O carro e o camião têm a mesma energia cinética

Q2. Um carro e um camião são largados (sem velocidade inicial) do cimo de uma rampa. No final da rampa, desprezando todos os atritos:

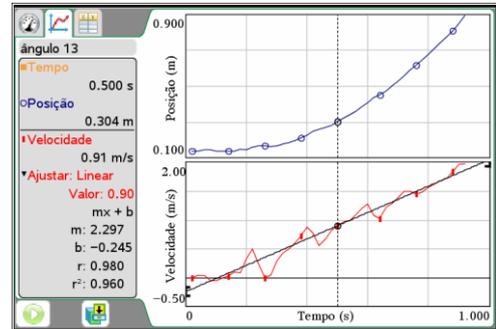
- O carro tem maior aceleração que o camião
- O camião tem maior aceleração que o carro
- O carro e o camião têm a mesma aceleração

Q3. Um carro e um camião são largados (sem velocidade inicial) do cimo de uma rampa. No final da rampa, desprezando todos os atritos:

- O carro tem maior velocidade que o camião
- O camião tem maior velocidade que o carro
- O carro e o camião têm a mesma velocidade

Q4.1. Na figura mostram-se os gráficos da posição em função do tempo e da velocidade em função do tempo, traçados a partir dos dados registados por um sensor de posição (CBR). O declive da reta do gráfico da velocidade em função do tempo representa:

- Energia cinética do corpo
- A velocidade do corpo
- A aceleração do corpo
- O trabalho realizado pelo corpo
- O deslocamento do corpo

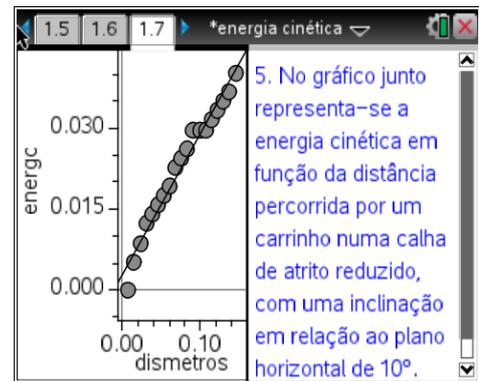


Q4.2. Sabendo que a massa do corpo é 100 g, determine a posição (d), a velocidade (v), a aceleração (a), a energia cinética ( $E_c$ ) e o trabalho realizado pelo corpo (W) ao fim de 0,5 s.

d =      m;      v =      m/s;      a =      m/s<sup>2</sup>;       $E_c$  =      J;      W =      J

Q5.1. O declive da reta representa:

- O trabalho realizado pelo carrinho
- O produto do peso do corpo pelo seno do ângulo formado entre o peso e a direção do deslocamento
- A massa do carrinho
- O produto do peso do corpo pelo co-seno do ângulo formado entre o peso e a direção do deslocamento



Q5.2. A massa do carrinho é de, aproximadamente,

- 1 kg
- 0,15 kg
- 0,25 kg
- 50 kg

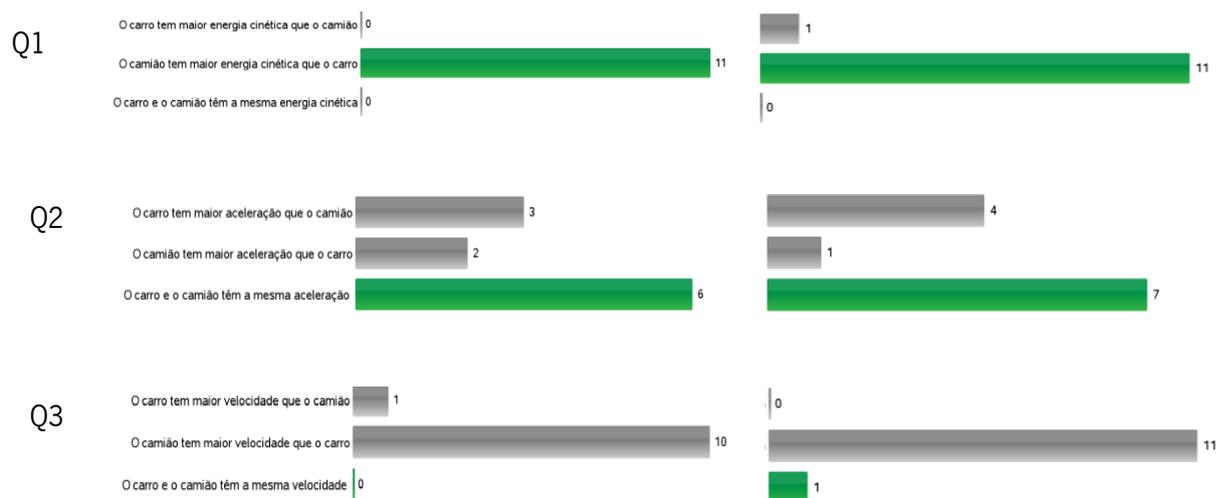
Q5.3. Se a massa de um carrinho passar para o dobro a sua energia cinética

Q5.4. Se a velocidade de um carrinho passar para o dobro a sua energia cinética

- Mantém-se inalterada
- Passa para metade
- Passa para o dobro
- Aumenta quatro vezes

As três primeiras questões servem para verificar se os alunos sabem de que grandezas dependem a velocidade, a aceleração e a energia cinética de um corpo que desce um plano inclinado.

Pelas respostas percebe-se que a maior parte dos alunos responde por intuição, acertando na questão Q1 mas errando nas Q2 e Q3 onde acham que as grandezas velocidade e aceleração também dependem da massa. Apenas um aluno responde que o carro e o caminhão atingem a base do plano inclinado com a mesma velocidade. Os resultados mostram-se nos quadros juntos.



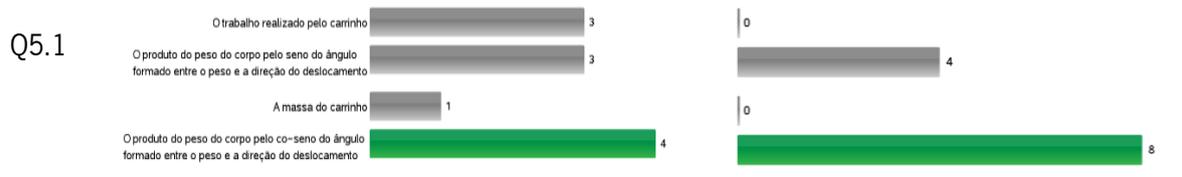
A questão Q4 apresenta aos alunos dois gráficos (posição em função do tempo e velocidade em função do tempo) traçados a partir dos dados registados por um sensor de posição (CBR). Pelas respostas mostradas no quadro junto pode-se inferir que a maioria dos alunos associa o declive da reta do gráfico da velocidade em função do tempo, ao valor da aceleração.



Na questão Q4.2, de resposta aberta, os alunos apenas tinham de ler nos gráficos os valores da posição, da velocidade e da aceleração para o instante 0,5 s. Apesar disso há quatro alunos que nem a posição identificam corretamente, mostrando de novo a dificuldade que têm em retirar informação de gráficos, ainda que muito simples. O valor da aceleração só é indicado corretamente por três alunos, muito menos do que os que tinham respondido corretamente à questão Q4.1! Como era de esperar a grande maioria errou os cálculos seguintes (energia cinética e trabalho) possivelmente não por

desconhecerem as fórmulas, mas por terem os valores de velocidade e/ou posição mal indicados. Apenas três alunos chegam ao valor correto para a energia cinética e dois para o trabalho.

A questão Q5.1 é idêntica a uma das questões de reflexão do trabalho laboratorial e, apesar de ter sido discutida em plenário de turma, há vários alunos que continuam a não perceber o que representa o declive da reta do gráfico da energia cinética em função da posição, como se vê pelo quadro de respostas junto.

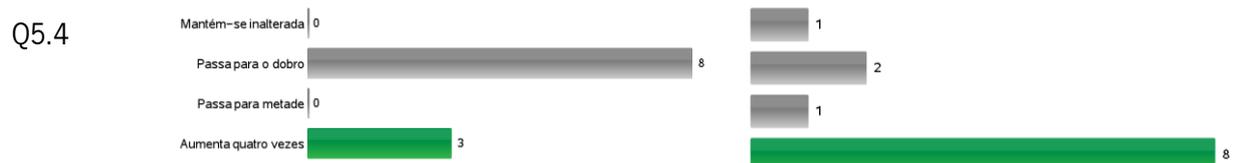


As questões seguintes obrigavam a um raciocínio mais elaborado. Para calcular a massa do carrinho tinham de identificar o declive da reta com a expressão  $mg \cos \alpha$  e usar o valor de  $\alpha$  dado.



Apenas cinco alunos acertaram o valor da massa do carrinho, e não temos a certeza se fizeram corretamente os cálculos ou se acertaram por acaso.

As questões Q5.3 e Q5.4 são simples mas mesmo assim há vários alunos a errar as respostas principalmente quando se pede a relação entre a variação da energia cinética e a variação da velocidade, pelo facto de a velocidade aparecer elevada ao quadrado na expressão da energia cinética.



No quadro final de resultados, que se mostra na figura 3.15, pode-se ver que a classificação global obtida é de apenas cerca de 50%.

energia cinét...	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	+Pontos	Pontos totais	%	%
Total de pontos ...	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	1,0	1,0	0,0	13,0	Resultado ...	Resultado f
Ruben	1,0	1,0	0,0	1,0	3,0	1,0	1,0	0,0	9,0	69%	69%
Miguel	1,0	1,0	0,0	1,0	2,0	1,0	0,0	0,0	7,0	54%	54%
Telma	1,0	0,0	0,0	1,0	4,0	1,0	1,0	0,0	10,0	77%	77%
Patricia	1,0	0,0	0,0	1,0	2,0	1,0	0,0	0,0	5,0	38%	38%
RicardoG											
Tiago	1,0	1,0	0,0	1,0	4,0	0,0	0,0	0,0	8,0	62%	62%
Renato	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	23%	23%
Rui	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	23%	23%
RicardoP	1,0	1,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	6,0	46%	46%
Samuel	1,0	1,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	5,0	38%	38%
Leandro	1,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	6,0	46%	46%
RicardoC	1,0	1,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	6,0	46%	46%
Média	100%	55%	0%	91%	42%	36%	18%	0,0	6,2	48%	48%

Figura 3.15 – Resultados das respostas dos alunos do turno 1 ao questionário 8

## AL 2.2 – Bola Saltitona

Quando se deixa cair uma bola verticalmente, desprezando a resistência do ar, esta fica apenas sujeita à força gravítica e diz-se que está em queda livre. Quando a bola colide com o solo habitualmente ressalta. Neste processo ocorrem transformações e transferências de energia.

A bola começa por ter apenas energia potencial gravítica que vai transformando em energia cinética à medida que diminui a sua distância ao solo. Quando colide com o solo a energia cinética é máxima. Durante a colisão parte desta energia cinética é dissipada – a bola deforma-se, pode haver produção de calor e de ondas sonoras. Então, após o ressalto a energia cinética da bola é menor, e de sinal contrário, do que antes de esta chocar com o solo. O valor da energia dissipada durante o choque pode-se estimar calculando o valor do coeficiente de restituição, ( $e$ ) que é a razão entre a velocidade de afastamento ( $v_{afastamento}$ ) e a velocidade de aproximação ( $v_{aproximação}$ ) ao solo

$$e = \frac{v_{afastamento}}{v_{aproximação}}$$

Se toda a energia for dissipada  $e = 0$  (não há ressalto da bola); pelo contrário, se a bola atingir a altura inicial  $e = 1$  (não há dissipação de energia).

Desprezando a resistência do ar, a energia cinética adquirida ao longo da queda é igual à variação de energia potencial,  $m g h_{queda}$ . Do mesmo modo a energia cinética com que a bola ressalta após o choque é igual à variação de energia potencial até a bola atingir o ponto mais alto,  $m g h_{ressalto}$  ou seja

$$\frac{\frac{1}{2} m v_{afastamento}^2}{\frac{1}{2} m v_{aproximação}^2} = \frac{m g h_{ressalto}}{m g h_{queda}}$$

Pode-se então escrever o coeficiente de restituição como

$$e = \frac{v_{afastamento}}{v_{aproximação}} = \sqrt{\frac{h_{ressalto}}{h_{queda}}}$$

Antecipando as dificuldades que os alunos iriam ter nesta atividade experimental, em que os resultados são obtidos de forma gráfica e depois é preciso interpretá-los, iniciou-se a aula explorando com os alunos uma simulação disponível na internet (<http://education.ti.com/en/tisciencespired/us/physical-science/forces-and-motion>) para os ajudar a identificar as variáveis a medir e o modo de recolha dos dados experimentais. Com os dados recolhidos pode-se construir um gráfico da altura do ressalto em função da altura da queda e verificar que esta relação é linear permitindo responder à questão problema desta atividade “*Existirá alguma relação entre a altura de que se deixa cair uma bola e a altura atingida no primeiro ressalto?*”

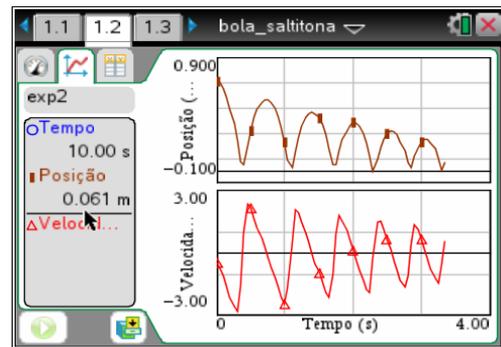
Os diversos grupos usam diferentes bolas ou diferentes superfícies de modo a obterem resultados diferentes. Os dados dos diferentes grupos são então enviados para o computador da professora e podem ser comparados e explorados por toda a turma usando o sistema TI-Navigator.

Como forma de verificação e consolidação de conhecimentos os alunos respondem, individualmente e através do sistema TI-Navigator, a um questionário, questionário 9, composto por 5 questões de escolha múltipla e uma de cálculo. Este questionário está na página seguinte.

Na questão Q1 os alunos deviam analisar o gráfico da posição da bola em função do tempo e responder a três perguntas. Nas respostas a Q1-A e Q1-B não se notam grandes dificuldades mas na resposta à questão Q1-C os resultados são maus – menos de metade dos alunos consegue responder acertadamente quando a única coisa que tinham de fazer era ler no gráfico dois valores de alturas máximas atingidas pela bola em ressaltos consecutivos.

## Questionário 9 – Bola saltitona

Uma bola é largada de uma determinada altura. Ressalta e atinge novamente uma certa altura, acabando por se imobilizar. Os gráficos resultam de experiências realizadas em sala de aula.



Q1. O gráfico da posição em função do tempo mostra que a altura máxima dos sucessivos ressaltos vai diminuindo.

A – Isso significa que no processo de queda e ressalto,

- Apenas há transformação de energia cinética em energia potencial
- Parte da energia mecânica do sistema é dissipada
- A energia potencial máxima mantém-se constante
- Não há conservação de energia
- Não há conservação de energia mecânica

B – Para caracterizar o choque da bola com o solo pode-se calcular o chamado coeficiente de restituição ( $e$ ) que é dado por

$e = \sqrt{\frac{h_{\text{ressalto}}}{h_{\text{queda}}}}$

$e = \frac{V_{\text{afastamento}}}{V_{\text{aproximação}}}$

$e = \sqrt{\frac{V_{\text{afastamento}}}{V_{\text{aproximação}}}}$

$e = \frac{V_{\text{aproximação}}}{V_{\text{afastamento}}}$

$e = \frac{h_{\text{ressalto}}}{h_{\text{queda}}}$

$e = \sqrt{\frac{h_{\text{queda}}}{h_{\text{ressalto}}}}$

C – Com os valores do gráfico obtém-se

$e = 1,12$

$e = 1,26$

$e = 0,8$

$e = 0,9$

Q2. Observe agora atentamente o gráfico da velocidade da bola em função do tempo.

A – A velocidade da bola passa do valor negativo mínimo ao valor positivo máximo num intervalo de tempo muito curto (segmentos quase verticais). Esses curtos intervalos de tempo representam

- O tempo de queda da bola
- O tempo de ressalto da bola
- A duração do choque da bola com o solo
- Nenhum destes

B – Os pontos de velocidade máxima (positiva) são os pontos em que a bola está

- No ponto de altura máxima
- Imediatamente antes de chocar com o solo
- Imediatamente após o choque com o solo
- Nenhum destes

C – Os pontos de velocidade máxima (negativa) são os pontos em que a bola está

- No ponto de altura máxima
- Imediatamente antes de chocar com o solo
- Imediatamente após o choque com o solo
- Nenhum destes

D – Os pontos de velocidade nula são

- Apenas os pontos em que a bola está em contacto com o solo
- Apenas os pontos de altura máxima
- Os pontos de altura máxima e de contacto com o solo
- Nenhum destes

E – Observe, no gráfico da velocidade em função do tempo, os segmentos em que a velocidade passa de positiva a negativa. Estes vários segmentos são retas paralelas de declive negativo. Calcule o declive duma destas retas (verifique em que unidades deve expressar este declive)

F – O declive que calculou na alínea anterior representa

- A velocidade média da bola no intervalo de tempo considerado
- O deslocamento da bola no intervalo de tempo considerado
- A variação da velocidade da bola no intervalo de tempo considerado
- A aceleração da bola no intervalo de tempo considerado

Q3. Durante a queda da bola, desprezando a resistência do ar, esta

- Apenas fica sujeita ao seu peso, força vertical dirigida para baixo
- Não está sujeita a nenhuma força, porque a largamos simplesmente
- Fica sujeita a uma força maior que o seu peso, porque está a aumentar de velocidade

Q4. Durante o ressalto, enquanto a bola está a subir, e desprezando a resistência do ar, verifica-se que

- A bola apenas fica sujeita ao seu peso, força vertical dirigida para baixo
- A bola não está sujeita a nenhuma força
- A bola fica sujeita a uma força contrária ao peso porque está a diminuir de velocidade

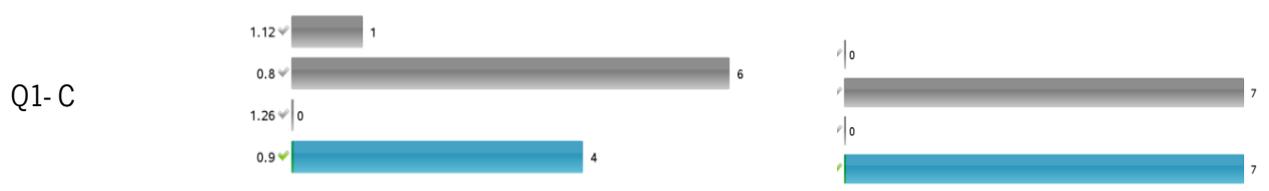
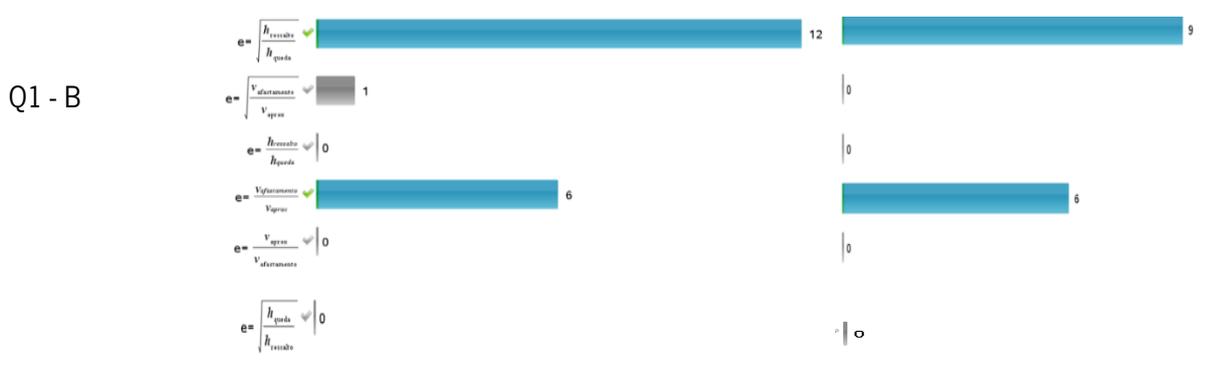
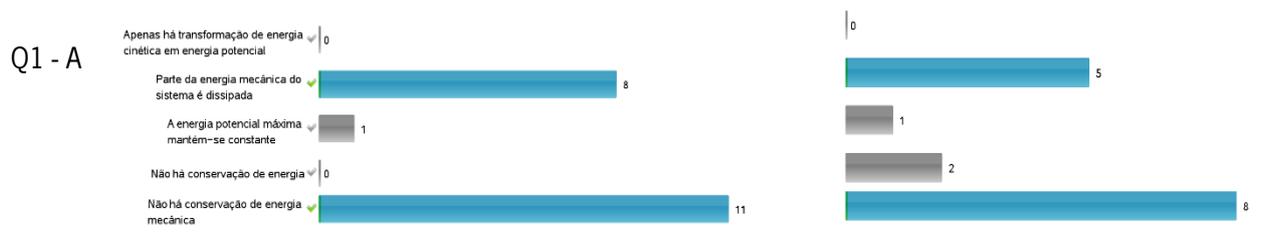
Q5. Durante o tempo em que a bola está no solo (choque) a bola

- Apenas fica sujeita ao seu peso, força vertical dirigida para baixo
- Não está sujeita a nenhuma força
- Para além do seu peso, fica sujeita a uma força contrária, de grande intensidade, que é a reação do solo.

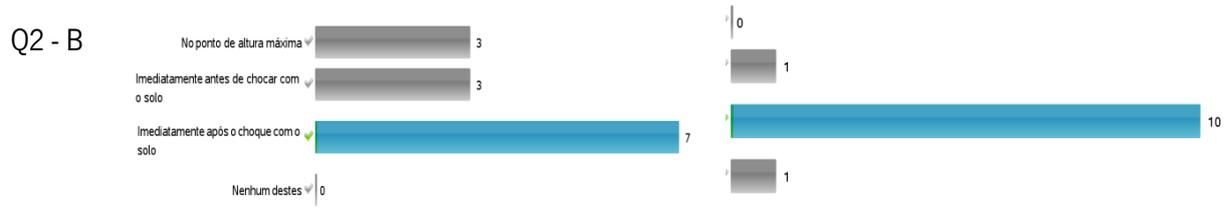
Q6. Numa experiência laboratorial um grupo de alunos largou duas bolas (A e B) da mesma altura em relação ao solo e obteve os seguintes valores para os respetivos coeficientes de restituição:

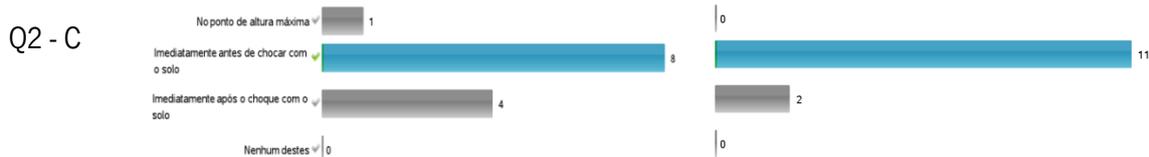
$e_A = 0,92$ ;  $e_B = 0,80$ . Quais das seguintes afirmações são verdadeiras

- A bola A tem maior velocidade de aproximação
- A bola A tem maior velocidade de afastamento
- A bola B tem maior velocidade de afastamento
- A bola B atinge maior altura no ressalto

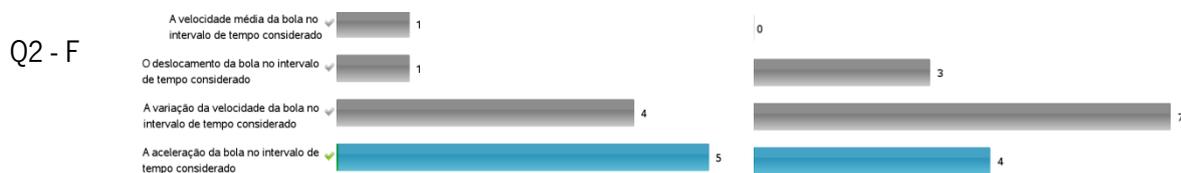


As questões Q2 estão relacionadas com a interpretação do gráfico da velocidade em função do tempo. Os resultados que se mostram nos quadros respetivos revelam bem a dificuldade de interpretação de gráficos e a preguiça que alguns alunos têm em pensar.

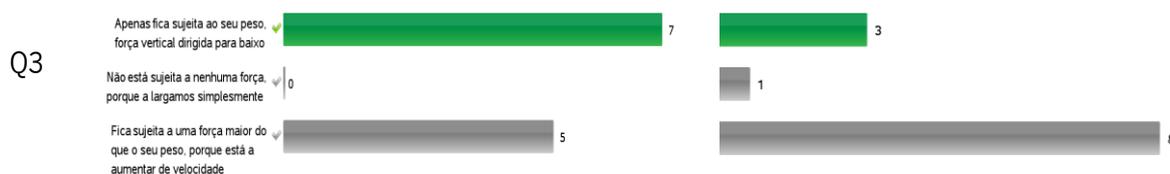


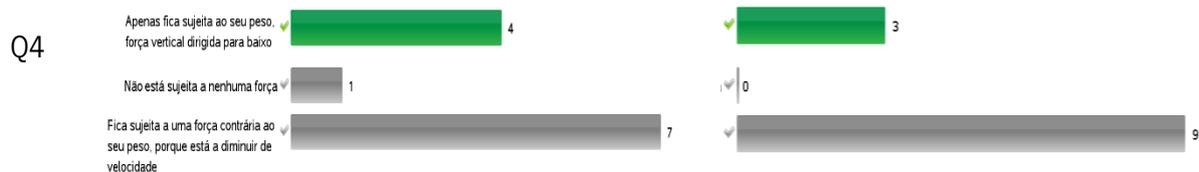


A questão Q2-E é de resposta aberta. É uma questão que, para estes alunos, foi muito difícil. Eles ainda não têm o nível de raciocínio necessário para perceber a pergunta, pensar e responder. Ler valores nos gráficos é também uma dificuldade real para muitos deles. Apenas três alunos (um no turno 1 e dois no turno 2) respondem corretamente a esta questão. Curiosamente há mais alunos a acertar a resposta à questão Q2-F, o que apenas revela que os conceitos não estão bem consolidados.



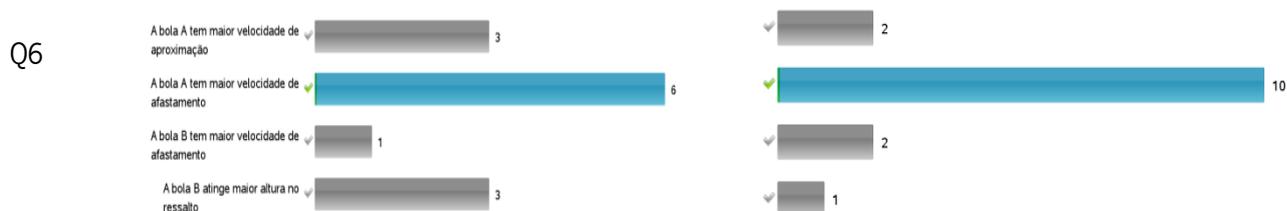
As questões Q3 e Q4 são questões que revelam bem a existência de concepções alternativas que perduram mesmo depois de a atividade ter sido realizada e de todos os resultados terem sido analisados e discutidos. A concepção de que a velocidade da bola aumenta ou diminui porque há uma força extra para além do peso quer enquanto a bola cai quer quando ela ressalta, ainda é manifestada por mais de metade dos alunos, apesar de todos já terem estudado, quer no presente ano letivo quer no 9º ano de escolaridade, que um corpo em queda livre está apenas sujeito ao seu peso.





A questão Q5 é respondida corretamente pela totalidade dos alunos.

A questão Q6, embora seja de raciocínio, foi também respondida acertadamente pela maioria dos alunos, como se mostra no quadro junto.



Na figura 3.16, pode-se ver que a classificação global obtida nas respostas ao questionário 9, pelos alunos do turno 2. O resultado é de apenas cerca de 50%, tal como na atividade anterior. Reconhece-se que as perguntas são algo elaboradas e, efetivamente, os alunos estão habituados a perguntas mais diretas.

bola_saltitona	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	+Pontos	Pontos totais	%	%
Total de pontos ...	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	16,0	Resultado ...	Resulta
Ana	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	7,0	44%	44%
Dulce	1,0	2,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	12,0	75%	75%
Eugénio	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	9,0	56%	56%
Daniel	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	7,0	44%	44%
Andreia											
JCarlos	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	7,0	44%	44%
Gabriela	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	7,0	44%	44%
JoanaD	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	12,0	75%	75%
Jorge	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	7,0	44%	44%
Débora	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	6,0	38%	38%
JoanaE	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	19%	19%
Cristiana	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	10,0	63%	63%
João	2,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	9,0	56%	56%
Média	54%	63%	42%	25%	83%	83%	67%	0,0	8,0	50%	50%

Figura 3.16 – Resultados das respostas dos alunos do turno 2 ao questionário 9

### AL 2.3 – Atrito e variação da Energia Mecânica

Já no trabalho laboratorial anterior os alunos foram confrontados com uma situação de dissipação de energia. Nesse trabalho a dissipação de energia foi quantificada pelo valor do coeficiente de restituição. Neste trabalho, em que se estuda o movimento de um bloco ao longo de um plano inclinado, há também dissipação de energia à medida que o bloco desliza sobre o plano inclinado. Esta dissipação de energia é medida pelo trabalho da força de atrito, que é numericamente igual à variação da energia mecânica do bloco.

Embora o atrito seja fundamental em todas as situações de movimento real no nosso dia-a-dia, é também uma fonte de muitas concepções erradas por parte dos alunos. O conceito de força de atrito refere-se a forças reais, que se desenvolvem na superfície de contacto, e que se opõem às forças aplicadas ao corpo com o objetivo de lhe provocar movimento. As forças de atrito aumentam com o aumento das forças aplicadas, igualando-as e mantendo o corpo em repouso, até se atingir um limite a partir do qual as forças de atrito não conseguem crescer mais e então passa a haver uma resultante de forças não nula, no sentido das forças aplicadas e o corpo entra em movimento.

Experimentalmente é possível mostrar que a força de atrito ( $\vec{F}_a$ ) é praticamente independente da área de contacto e que é proporcional à força normal  $\vec{N}$ . A força normal é a reação da superfície sobre o corpo que, pela terceira Lei de Newton, é igual à força exercida pelo corpo sobre a superfície. Se a superfície for horizontal a força normal é numericamente igual ao peso e se a superfície for inclinada será igual à componente do peso na direção perpendicular à superfície de deslizamento. À constante de proporcionalidade entre a força de atrito e a reação normal chama-se coeficiente de atrito,  $\mu$ , podendo-se então escrever, genericamente,  $F_a \propto N$  ou  $F_a = \mu N$ .

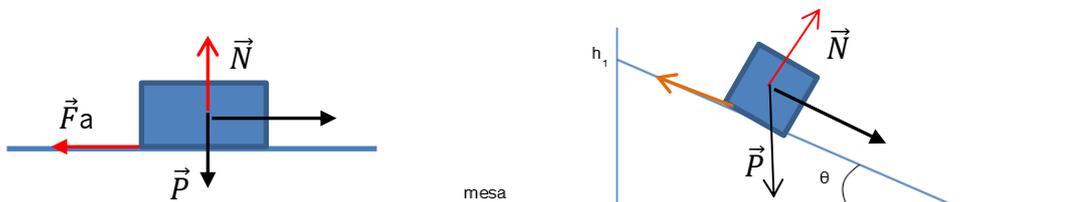


Figura 3.17 – Diagrama de forças que atuam num bloco sobre uma superfície horizontal e sobre um plano inclinado com atrito.

Neste trabalho é proposto aos alunos que identifiquem tipos de materiais que possam ser utilizados na construção de rampas para os seguintes fins: “Uma rampa para fazer deslizar materiais de construção, de uma certa altura para o interior de um camião” e “Um escorrega que permita a uma criança deslizar com facilidade, mas que a force a parar na parte final, antes de sair.” Pretende-se que os alunos discutam as características dos materiais, nomeadamente o atrito existente entre as superfícies em contacto, que os tornam adequados para o fim em vista.

Para a execução deste trabalho o laboratório dispõe de uma rampa metálica e de blocos de madeira em que uma face é madeira e as restantes três estão revestidas com tecido, cortiça e plástico. Os alunos medem a velocidade do bloco à medida que ele vai deslizando sobre a rampa, podendo depois calcular a energia cinética e verificar que não há conservação de energia mecânica, podendo-se então calcular o trabalho da força de atrito e o valor do coeficiente de atrito.

Para medir os valores das velocidades instantâneas os alunos dispõem de um sensor de movimento (*fotogate*) que regista o intervalo de tempo,  $t$ , que um determinado comprimento pequeno  $\Delta x$  (bandeira) demora a passar numa determinada posição. Este sensor está ligado ao Lab Cradle com a aplicação DataQuest que permite registar logo a velocidade com que o bloco atravessa a célula.

$$v = \frac{\Delta x}{t}$$

Usando o valor da massa do bloco calcula-se a sua energia cinética para a posição em que se encontra o sensor

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

e depois a correspondente energia potencial, medindo a altura ( $h$ ) a que se encontra o bloco quando passa pela célula,

$$E_p = mgh,$$

podendo-se assim determinar a energia mecânica ( $E_m$ ) em cada ponto em que a fotocélula é colocada

$$E_m = E_c + E_p$$

Calculando a energia mecânica para diversas posições ao longo da rampa os alunos verificam que esta não se mantém constante e devem associar essa dissipação de energia ao trabalho das forças de atrito resultante das interações entre as superfícies em contacto.

Os alunos sabem que a variação da energia cinética é devida ao trabalho da força resultante,

$$\Delta E_c = W_{\vec{F}_R}$$

e que neste caso a força resultante tem duas componentes, o peso e a força de atrito. O trabalho do peso dá origem à variação da energia potencial ficando então

$$\Delta E_c + \Delta E_p = W_{\vec{F}_a} \quad \text{ou seja} \quad W_{\vec{F}_a} = \Delta E_m$$

Conhecendo o trabalho da força de atrito pode-se calcular o valor desta força, sabendo que

$$W_{\vec{F}_{nc}} = F_a \cdot \Delta x \cos 180^\circ$$

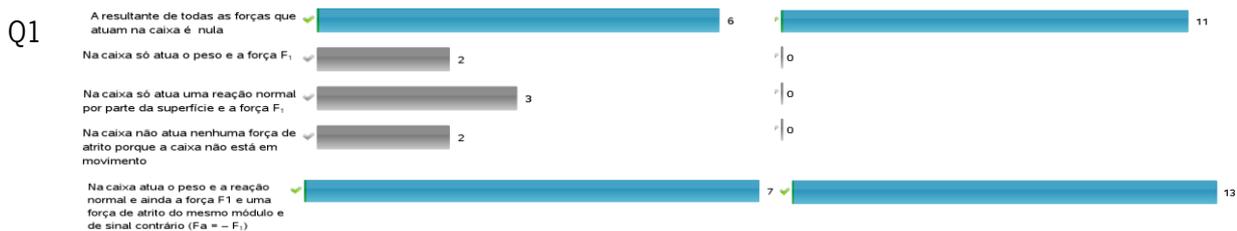
e finalmente o valor do coeficiente de atrito entre as superfícies em contacto,  $\mu = \frac{F_a}{N}$ .

No início da aula os alunos começam por responder em grupo às questões introdutórias que são depois discutidas com toda a turma. Seguidamente é-lhes fornecido um protocolo experimental (anexo 8) que contempla essencialmente aspetos referentes à utilização da tecnologia de aquisição e processamento dos dados. Inicia-se então a parte experimental.

Cada grupo de trabalho realiza a atividade laboratorial usando um tipo de superfície e dois ângulos diferentes de inclinação da rampa. Os resultados obtidos por cada grupo são passados para o computador da professora através do sistema TI-Navigator e são projetados num ecrã para análise e discussão em grande grupo. Pretende-se que os alunos se apercebam que o coeficiente de atrito depende apenas dos materiais que estão em contacto enquanto que a força de atrito depende da inclinação da rampa. Quanto mais inclinada for a rampa menor é a força de atrito porque diminui a componente do peso perpendicular ao plano inclinado. No final os alunos devem apresentar alguns exemplos de situações do dia-a-dia em que o atrito seja vantajoso ou prejudicial e dar resposta aos desafios lançados no início da atividade.

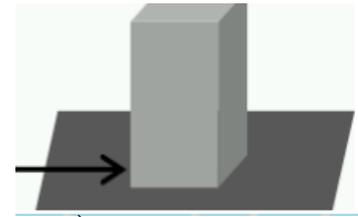
Nos últimos 45 minutos da aula os alunos respondem, individualmente e através do sistema TI-Navigator, ao questionário 10, que se encontra na página seguinte, para verificação e consolidação de conhecimentos. O questionário é composto por oito questões de escolha múltipla.

Os resultados das respostas à questão Q1 mostram-se no quadro junto. Embora alguns alunos se confundam com a situação – aplica-se uma força e o bloco mantém-se parado – a maior parte percebe que esta força aplicada tem de ser equilibrada pela força de atrito.



## Questionário 10 - Atrito e Variação da Energia Mecânica

Q1. Considere uma caixa em repouso sobre uma superfície horizontal. Aplica-se uma força horizontal  $\vec{F}_1$ , da esquerda para a direita, mas a caixa continua em repouso. Porque

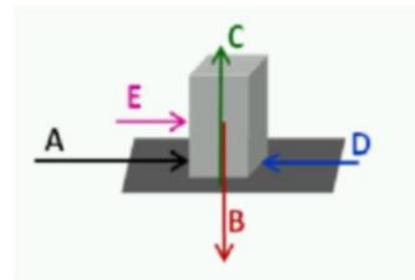


- A resultante de todas as forças que atuam na caixa é nula
- Na caixa só atua o peso e a força  $\vec{F}_1$
- Na caixa só atua uma reação normal por parte da superfície e a força  $\vec{F}_1$
- Na caixa não atua nenhuma força de atrito porque a caixa não está em movimento
- Na caixa atua o peso e a reação normal e ainda a força  $\vec{F}_1$  e uma força de atrito do mesmo módulo e de sinal contrário ( $\vec{F}_a = -\vec{F}_1$ )

Q2. Considere a mesma situação da questão Q1 mas agora aplica-se uma força  $\vec{F}_2 > \vec{F}_1$  embora a caixa continue em repouso. Podemos afirmar que

- A resultante de todas as forças que atuam na caixa continua a ser nula
- A força de atrito é igual a  $-\vec{F}_2$ , porque a caixa continua em repouso
- O coeficiente de atrito não se altera porque as superfícies em contacto são as mesmas
- Na caixa atua o peso e a reação normal e ainda a força  $\vec{F}_2$  e uma força de atrito do mesmo módulo e de sinal contrário ( $-\vec{F}_2$ )

Q3. Na figura representam-se cinco vetores. Quatro deles representam forças aplicadas na caixa e um representa a resultante destas quatro forças. A força resultante é o vetor



- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| <input type="radio"/> A | <input type="radio"/> D |
| <input type="radio"/> B | <input type="radio"/> E |
| <input type="radio"/> C |                         |

Q4 - Que movimento terá a caixa da figura anterior?

- A caixa tem movimento uniforme porque a força resultante é constante.
- A caixa está em repouso
- A caixa tem movimento uniformemente acelerado porque a força resultante é constante

Q5. Coloca-se uma caixa sobre uma superfície inclinada com alguma rugosidade e esta começa a deslizar ao longo do plano.

- A resultante de todas as forças que atuam na caixa é nula
- Na caixa atua apenas a força de atrito
- A componente normal do peso é maior do que a força de atrito
- Na caixa atua o peso, a reação normal e a força de atrito
- A componente tangencial do peso é maior do que a força de atrito



Q6. Uma caixa de massa  $m$  desliza sobre um plano inclinado com inclinação  $\alpha$  e alguma rugosidade. Se apenas se aumentar a inclinação do plano.

- A força normal mantém-se constante
- A força normal aumenta
- O coeficiente de atrito mantém-se constante

- A força de atrito mantém-se constante
- A componente tangencial do peso aumenta
- A velocidade com que a caixa chega ao fim da rampa mantém-se

Q7. Uma caixa de massa  $m$  desliza sobre um plano inclinado com inclinação  $\alpha$  e alguma rugosidade.

Se apenas se aumentar a massa da caixa

- A força normal mantém-se constante
- A componente normal do peso diminui
- A força normal aumenta
- O coeficiente de atrito mantém-se constante
- A força de atrito aumenta
- A componente tangencial do peso diminui
- A velocidade com que a caixa chega ao fim da rampa mantém-se

Q8 – Considere uma caixa de massa  $m = 200$  g colocada, em repouso, no cimo de uma rampa de 1,5 m de altura e com uma inclinação de  $18^\circ$ . A caixa começa a deslizar pela rampa e atinge o ponto de altura nula com a velocidade  $v = 3,0$  m/s.

8.1. A variação de energia cinética foi de

- 0,9J
- 0,079J
- 2,5J
- 25,0J

8.2. A variação de energia mecânica foi de

- 0,9 J
- 2,24 J
- 2,04 J
- 2,00 J

8.3. O trabalho da força de atrito foi de

- 0,9 J
- 2,24 J
- 2,04 J
- 2,00 J

8.4. A distância (d) percorrida pela caixa ao longo da rampa foi

- 4,9 m
- 2,2 m
- 1,0 m
- 1,8 m

8.5. A força de atrito ( $\vec{F}_a$ ) ao longo do plano inclinada é de

- 0,9 N
- 0,24 N
- 0,42 N
- 1,8 N

8.6. A reação normal da superfície sobre a caixa (N) é de

- 4,9 N
- 2,7 N
- 5,0 N
- 1,86 N

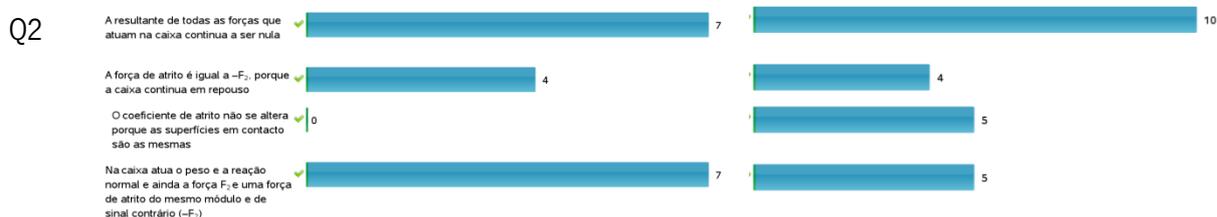
8.7. O coeficiente de atrito ( $\mu$ ) entre as superfícies em contacto é de

- 0,777
- 0,079
- 2,5
- 0,225

8.8. O trabalho realizado pela resultante de todas as forças que atuam na caixa foi de

- 0,777J
- 0,079J
- 2,5 J
- 0,9J

A questão Q2 é semelhante à anterior mas agora todas as opções de resposta estão corretas. Os alunos têm algumas dificuldades principalmente em assinalarem que o coeficiente de atrito é o mesmo, apesar de a força de atrito ser maior.



A questão Q3 é respondida acertadamente pela maior parte dos alunos



Contudo, quando se lhes pede que identifiquem o movimento da caixa, verifica-se que a grande maioria erra. A conceção alternativa de que se a força é constante não haverá aceleração, está muito arraigada, como se verifica no quadro junto.

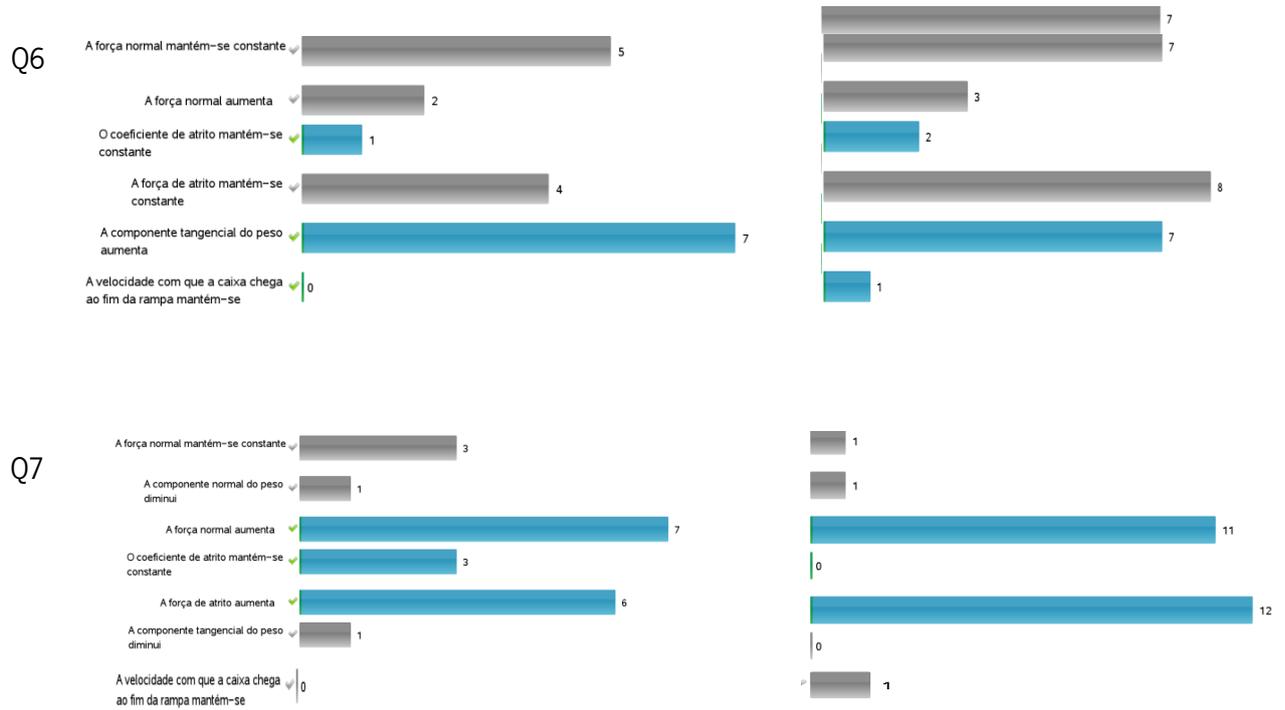


Com as questões Q5, Q6 e Q7 pretendia-se verificar se os alunos perceberam que forças estão em jogo num plano inclinado e como variam com a massa do corpo e/ou a inclinação da rampa.

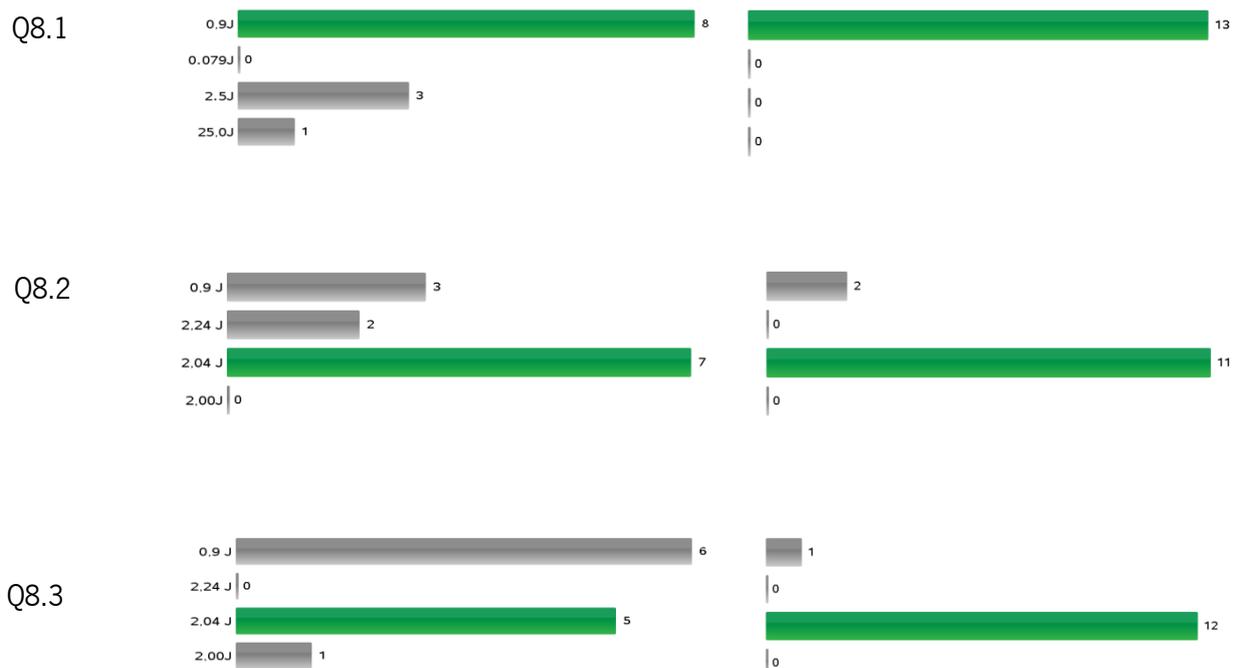
Pela análise do questionário verifica-se que a maior parte dos alunos identifica as forças importantes para fazer descer uma caixa por um plano inclinado (Q5).

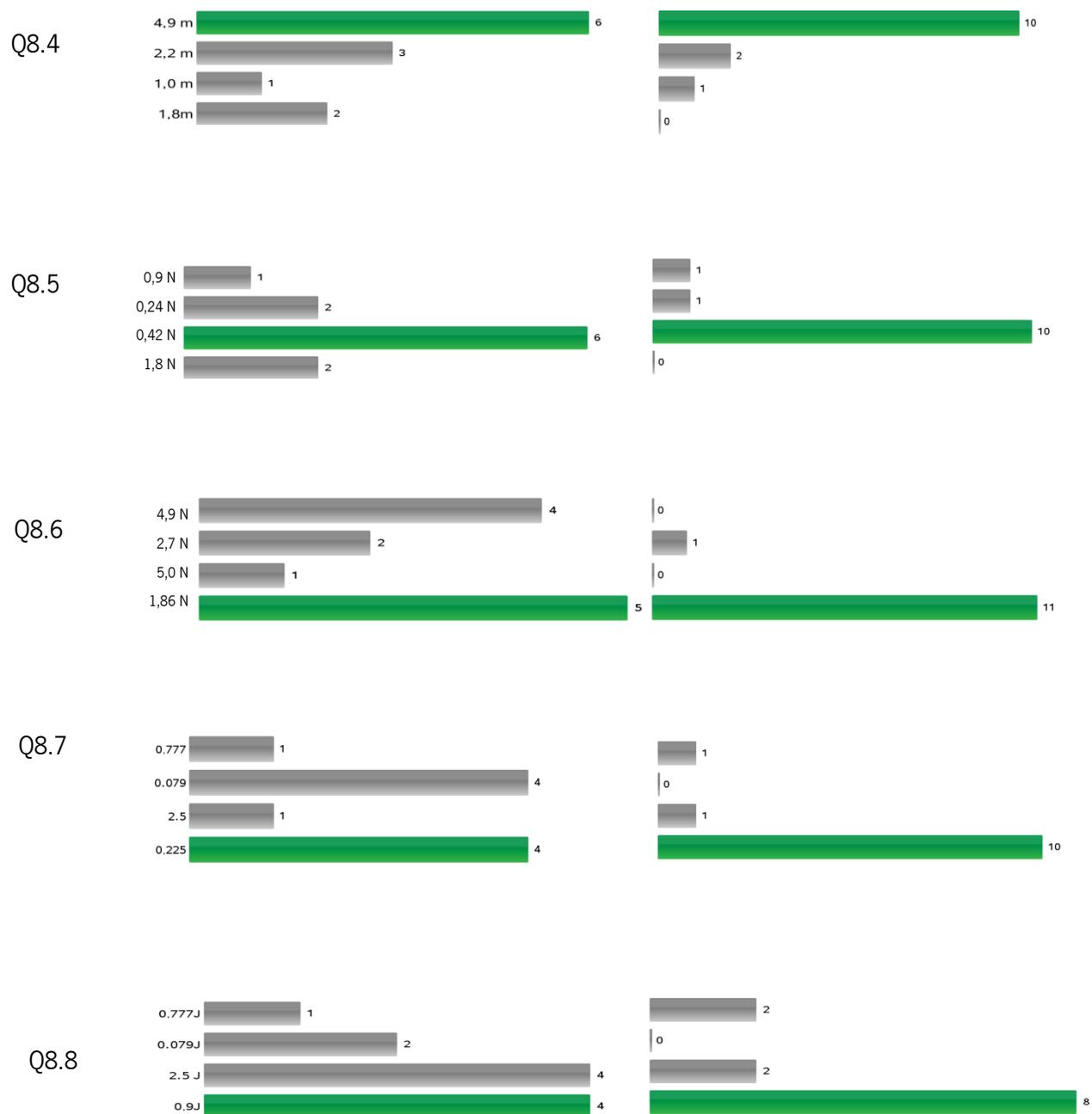


Os resultados são menos bons nas respostas às questões Q6 e Q7, em parte pela dificuldade de distinguirem força de atrito e coeficiente de atrito.



A questão Q8 é de resolução numérica. Foi dividida em oito alíneas para ir guiando os alunos na resolução mas dificulta as respostas a um aluno que se engane logo nas primeiras alíneas. Apesar disso a maior parte dos alunos acertam os cálculos.





Na figura 3.18 mostra-se a classificação global obtida nas respostas ao questionário 10, pelos alunos do turno 1. O resultado é inferior a 50% mas reconhece-se que as questões exigem um grau de raciocínio superior àquele a que os alunos estão habituados.

Fa e variação...	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	+Pontos	Pontos totais	%	%
Total de pontos ...	2,0	4,0	1,0	1,0	2,0	3,0	3,0	0,0	24,0	Resultado ...	Resultado f
Ruben	2,0	3,0	1,0	1,0	2,0	0,0	2,0	0,0	18,0	75%	75%
Miguel	2,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	15,0	63%	63%
Telma	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,0	15,0	63%	63%
Patrícia	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	12,0	50%	50%
RicardoG	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	5,0	21%	21%
Tiago	2,0	3,0	1,0	0,0	2,0	1,0	2,0	0,0	13,0	54%	54%
Renato	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	9,0	38%	38%
Rui	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	6,0	25%	25%
RicardoP	0,0	1,0	1,0	0,0	1,5	0,0	2,0	0,0	8,5	35%	35%
Samuel	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	7,0	29%	29%
Leandro	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	6,0	25%	25%
RicardoC	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	8,0	33%	33%
Média	42%	38%	75%	33%	60%	14%	47%	0,0	10,2	43%	43%

Figura 3.18 – Resultados das respostas dos alunos do turno 1 ao questionário 10

## CAPÍTULO IV

### Conclusão

A implementação de qualquer programa curricular tem de ter em consideração as metas ou os objetivos de aprendizagem e para alcançar essas metas, é necessário definir estratégias e metodologias.

Contudo, como se sabe, a mesma metodologia de ensino pode conduzir a diferentes resultados de aprendizagem, e também metodologias completamente diferentes podem não ser suficientes para garantir mais ou menos sucesso na aprendizagem. O processo de ensino-aprendizagem é um processo complexo e que depende de muitas variáveis, em que o carisma e a motivação do professor e a empatia professo-aluno são das mais significativas.

Num estudo feito por Coutinho (2006), em que se comparava uma metodologia de ensino com recurso ao uso do computador com uma metodologia de ensino mais tradicional, não foi possível encontrar nenhuma evidência de que uma metodologia se revelasse superior à outra, uma vez que há mais variáveis em jogo – professores diferentes e alunos diferentes. Do mesmo modo, no estudo apresentado neste trabalho, é implementada uma metodologia de ensino-aprendizagem da componente laboratorial de Física do 10ºano de escolaridade muito apoiada nas TIC, com os resultados experimentais a serem adquiridos com o recurso a sensores e a serem tratados nas unidades portáteis dos alunos, sendo depois discutidos e analisados por todos através do recurso ao sistema TI-Navigator. Contudo, no confronto desta metodologia com a metodologia mais tradicional usada pelos outros professores de Físico-Química de 10ºano da Escola, esta metodologia não é comprovadamente melhor, se apenas atendermos aos resultados quantitativos da aprendizagem – resultados obtidos nos testes sumativos.

Embora todos os alunos tenham realizado os mesmos testes de avaliação sumativa, o que se verifica é que estes não contemplam muitas das competências exploradas na metodologia implementada, pelo que não é fácil comparar o nível de aprendizagens adquiridas pelos alunos das diferentes turmas. Nesta metodologia o aluno é o centro do processo de ensino-aprendizagem. Ele realiza as experiências, trata os resultados e discute-os com vista a responder às questões-problema associadas a cada atividade laboratorial. O questionário final, respondido individualmente através do sistema TI-Navigator tem, propositadamente, algumas questões de grau de dificuldade elevado, o que faz com que os resultados finais, mostrados nos quadros juntos, nem sempre sejam muito bons.

Contudo, ainda que este estudo não se tenha revelado muito conclusivo relativamente aos resultados de aprendizagem objetivos e quantitativos atingidos pelos alunos, como já se mostrou no capítulo II, na figura 2.6, acredita-se que desenvolveu neles outras capacidades e competências, importantes no estudo das Ciências, como a capacidade de representar graficamente os resultados e de os analisar e discutir. Para desenvolver estas capacidades é necessário manter os alunos motivados e mostrar-lhes que trabalhar no laboratório até pode ser desafiador e divertido.

No final das aulas laboratoriais foi perguntado aos alunos o que pensavam da metodologia usada e pelos excertos juntos pode-se ver que eles avaliam este processo de ensino-aprendizagem muito positivamente.<sup>6</sup>

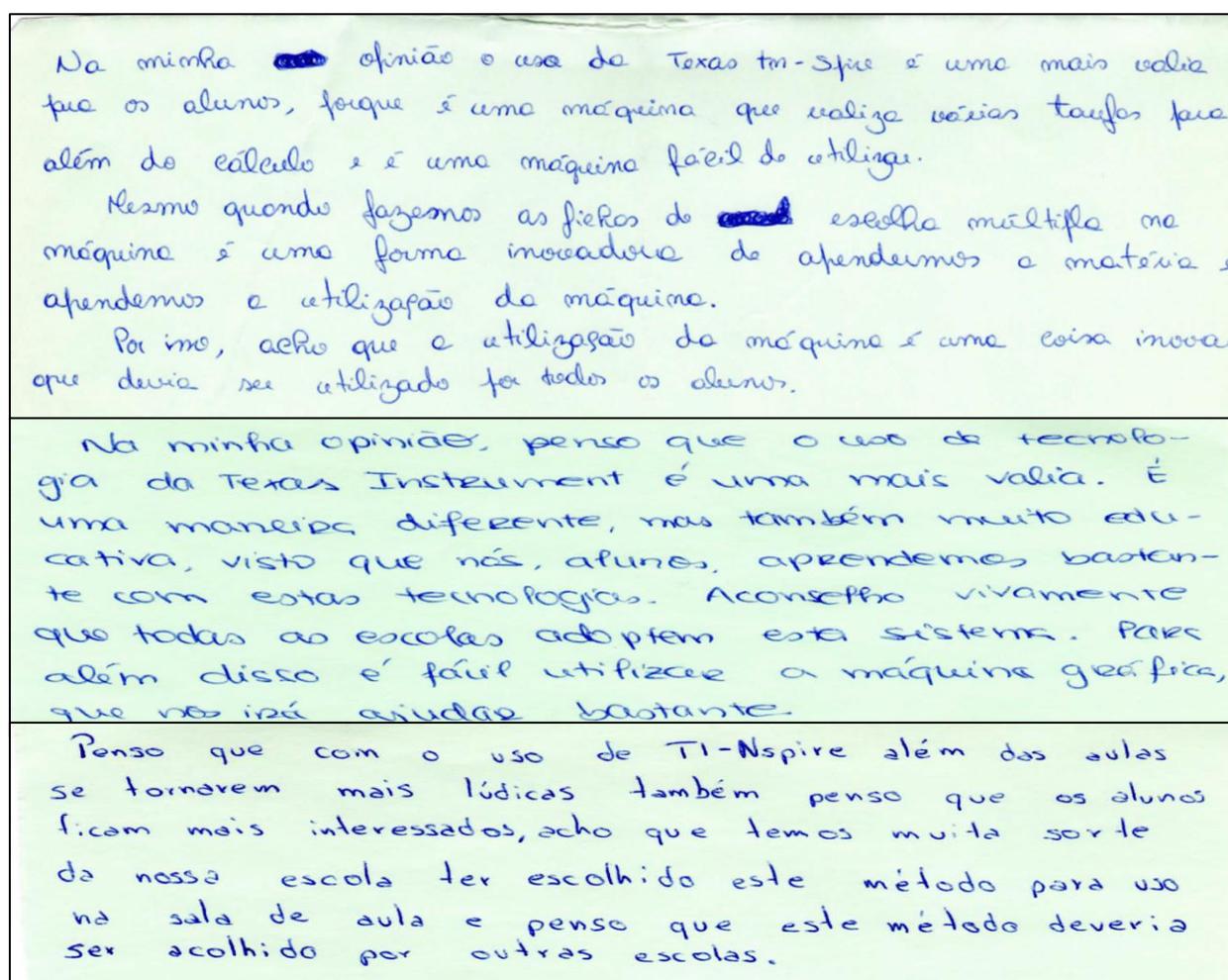


Figura 4.1 - Relatos de alunos relativos ao uso da tecnologia TI-Navigator

<sup>6</sup> Os alunos referem-se à TI-Nspire ou apenas à calculadora gráfica mas do que estão a falar é do uso da tecnologia TI-Navigator (através da unidade portátil).

Todos os professores se debatem com muitas dificuldades nas suas práticas educativas. A instituição Escola Pública rege-se por uma política de ensino de massas, em que na constituição das turmas os alunos com mais capacidades de aprendizagem, “os bons alunos” são misturados com alunos com mais dificuldades, “alunos fracos”. Os professores são assim colocados perante um desafio constante para conseguir manter a autoridade, a atenção e o gosto pelos conteúdos lecionados.

Alguns professores aceitam o desafio e tentam não ceder ao facilitismo, não baixar a qualidade, o rigor e a exigência. Mas, numa escola onde os pais pedem à instituição que exerça sobre os seus educandos a autoridade que eles próprios não conseguem impor (Castilho, 1999), numa geração em que o conhecimento não é privilegiado, numa sociedade em que se permite muitas vezes o desrespeito e a desresponsabilização, é muito difícil esta missão de ensinar.

Idealmente espera-se que os alunos tenham nas aulas uma postura interventiva e ativa para que a sua aprendizagem seja efetiva e significativa. Mas esta postura só pode ser conseguida com muita motivação por parte dos professores e motivar os jovens da geração do *facebook*, do virtual, do instantâneo, é muito difícil.

Como estratégia motivadora recorreu-se, neste estudo, à lecionação da componente laboratorial com base em tecnologias digitais, sensores e interfaces. Pretende-se que o aluno associe a aprendizagem ao lúdico e ao divertido. Em termos motivacionais conseguiu-se chegar à maior parte dos alunos embora em termos de resultados de aprendizagem a situação seja menos boa.

Ensinar de forma adequada às necessidades de cada aluno, estabelecer o tipo de atividade apropriada a cada um, avaliar individualmente os alunos de modo a que estes mantenham o interesse pelos assuntos que se seguem é, nos dias de hoje, a metodologia de ensino preconizada e a pretensão de muitos docentes. Mas a pressão imposta pelo extenso currículo, a realidade de um exame nacional contemplando todas as matérias, a pressão por parte das famílias, dificulta este ensino individualizado e adaptado ao ritmo de cada aluno.

Com este projeto consegue-se um acompanhamento mais individualizado e direcionado. O sistema TI-Navigator permite ver de imediato quem são os alunos que erram determinada questão, tal como se mostra na figura 4.2. A possibilidade de se aferirem muito rapidamente as necessidades individuais dos alunos permitiu que nas aulas de apoio estes alunos tivessem um acompanhamento mais direcionado para as suas dificuldades específicas.



Figura 4.2 – Resultados de questões com nome dos alunos

Citando Zabala (2007) “*aprender significa construir uma representação pessoal de um dado conteúdo que será objeto de aprendizagem, torná-lo seu, interiorizá-lo, integrá-lo nos seus próprios esquemas de conhecimento...*”. É por isso importante promover a reflexão sobre o que se propõe para a atividade laboratorial. Mas é também necessário observar, experimentar e manipular de modo a que posteriormente o aluno seja capaz de desenvolver tarefas como aplicar, analisar, sintetizar e avaliar.

Como já foi referido, neste trabalho foi usada uma metodologia de resolução de problemas. Todas as atividades laboratoriais começam e terminam por uma questão-problema. Quando esta metodologia é usada de forma cooperativa permite a confrontação de ideias levando assim a uma aprendizagem significativa ao invés da metodologia tradicional em que todos os alunos fazem o mesmo e em simultâneo.

Na metodologia tradicional o professor dirige o grupo expondo as suas ideias, demonstrando as experiências, seguindo o manual escolar ou uma sequência de *PowerPoints* e os alunos assumem confortavelmente uma atitude passiva e não sentem nenhum conflito de conhecimentos. Os conteúdos são assimilados por memorização e a avaliação pressupõe apenas a colagem dos conteúdos assimilados, saliente-se dos conteúdos assimilados não dos conteúdos adquiridos. Não obstante esta é a metodologia mais usada nas nossas escolas. É mais fácil para o professor que assim não têm necessidade de se confrontar com situações imprevistas; também os alunos não têm de pensar nem de serem confrontados com as suas dificuldades; por fim também naquilo que mais importa aos alunos, a avaliação, sendo baseada num ensino de memorização, conduz por vezes a melhores resultados em termos sumativos embora, muito provavelmente, isso não signifique uma aprendizagem real.

Há assim que lutar contra este *status quo*. Tentar incorporar na nossa prática letiva as experiências vivenciadas pelos alunos, de forma a gerar conflito com os diferentes pontos de vista apresentados, promover o debate e a reflexão crítica. As respostas quer às questões introdutórias apresentadas em cada protocolo quer às questões finais respondidas individualmente através do sistema TI-Navigator permitiu isso mesmo. No decorrer das aulas proporcionou-se ao aluno espaço para desenvolver as suas capacidades de planificar, experimentar e discutir e, de acordo com Paiva & al (2012), esta é a melhor forma de se conseguir uma aprendizagem significativa.

Neste tipo de práticas em que o aluno tem um papel central e decisivo, os protocolos não são meras receitas. O protocolo é aberto, contendo essencialmente objetivos e questões que promovam a autonomia dos alunos. Esta metodologia faz com que por vezes ocorram insucessos experimentais.

Contudo a potencialidade do *Apresentador ao Vivo* da tecnologia TI-Navigator permite que o professor acompanhe em tempo real o trabalho que os alunos estão a realizar, quer ao nível da aquisição de dados quer ao nível do seu tratamento, podendo assim intervir mais facilmente e em qualquer momento. Quando a má qualidade do material disponível no laboratório ou a má planificação da atividade ou outra contingência qualquer não permite a obtenção de resultados passíveis de tratamento de modo a verificar os objetivos propostos para a atividade, o docente pode enviar para as unidades portáteis dos alunos, via TI-Navigator, resultados obtidos por si em momentos anteriores à aula para que estes os possam analisar e discutir. Esta possibilidade faz com que, mesmo os alunos que nunca conseguem bons resultados experimentais possam realizar a parte seguinte do trabalho que é o tratamento de dados e a elaboração das conclusões.

Também a discussão dos resultados é muito facilitada com o recurso ao sistema TI-Navigator. O docente pode mostrar os resultados de cada a grupo a toda a turma, pode escolher os resultados de um certo grupo que lhe permitam discutir alguma situação em concreto, pode mostrar em simultâneo os resultados de todos os grupos quando tal é necessário para se compararem situações distintas, etc.

Para além das vantagens no processo de ensino o sistema TI-Navigator é também potente em termos de avaliação. Permite testar os conhecimentos dos alunos com frequência, motivando-os para estarem a par das matérias lecionadas e dando-lhes, quer a eles quer ao professor, informação de como está a ser a sua aprendizagem. As potencialidades do sistema TI-Navigator permitem facilmente:

- mostrar os resultados dos questionários, indicado qual a resposta de cada aluno (figura 4.2);
- mostrar as questões com mais taxa de sucesso ou de insucesso (figura 3.3);
- mostrar uma avaliação sequencial dos resultados dos questionários para a turma e para cada aluno (figura 2.9);
- acompanhar o processo de resolução das fichas por parte de cada aluno (figura 2.8);
- que o professor faça, em qualquer momento, questões rápidas aos alunos para discussão e reflexão.

Para além disto é uma tecnologia que se torna apelativa para os alunos. Os relatos a seguir apresentados (figura 4.3) evidenciam isso mesmo, realçando também como mais-valia o facto da simultaneidade de entrega e recolha das fichas.

Acho que outras escolas deviam ter estas máquinas para fazer ~~testes~~ pois é uma forma de fazer exercícios diferente e ajuda aos alunos a saber mexer na máquina. E quando é para entregar o teste é tirado todos ao mesmo tempo.

- Para mim fazer testes/trabalhos ~~de casa~~ na máquina TI Navigator é uma das melhores ideias que tiveram, pois é inovador, mais justo e mais divertido.
- Esse tipo de tecnologia é uma alternativa que todas as escolas/professores deviam começar a pensar em adotar.
- Como por exemplo fazer testes nas máquinas é uma maneira mais justa de os fazer, pois quando a professora tira os testes todos retiram os todos ~~de~~ ao mesmo tempo.

Na minha opinião o uso da Texas In-spire é uma mais valia para a nossa aprendizagem. Ao mesmo tempo ajuda-nos a dominar o uso da calculadora que poderá ser importante para os exames. Quando utilizamos a máquina para fazer exercícios acho bom, pois quando retira o exercício tira a todos a mesmo tempo, sendo uma forma mais justa. Acho que várias escolas devam de usufruir desta tecnologia.

Na minha opinião acho que as tecnologias utilizadas nas aulas de física e química deviam ser utilizadas em mais escolas pois tem várias vantagens como:

- é muito justo, pois os testes são todos recolhidos ao mesmo tempo.
- é muito interessante o facto de podermos ver logo de seguida a percentagem de respostas corretas, e de seguida ver os testes que ~~foram~~ tivemos mal.

Figura 4.3 – Testemunhos dos alunos sobre as vantagens de utilização da tecnologia TI-Navigator

Para além do enriquecimento pessoal e profissional que a realização deste trabalho promoveu na docente, espera-se que também junto dos alunos se tenha conseguido um nível de motivação e de empenho que os tenha ajudado nas aprendizagens. Espera-se ainda que esta tese possa vir a ser um instrumento de ajuda para outros professores quer no que se refere à utilização da tecnologia TI-Navigator, quer na exploração das atividades laboratoriais de Física de 10º ano.

## BIBLIOGRAFIA

### Referências Bibliográficas

- Arends, R.I., 1995, *Aprender a Ensinar*, McGraw-Hill.
- Cachapuz, F., 1992, *Ensino das Ciências e Formação de Professores*, nº1 – projecto MUTARE; Universidade de Aveiro.
- Cachapuz, A., Praia, J., Jorge, M., 2002, *Ciência, educação em Ciência e Ensino das Ciências*, Ministério da Educação, Lisboa.
- Castilho, S., 1999, *Manifesto Para a Educação em Portugal – Os equívocos e as soluções, as Tendências do terceiro milénio*, Texto Editora.
- Costa, F. A., Peralta, H., Viseu, S. (org.), 2008, *As TIC na educação em Portugal : concepções e práticas*, Porto Editora.
- Coutinho, C. P., 2006, *A investigação em “meios de ensino” entre 1950 e 1980: expectativas e resultados*, Revista Portuguesa de Educação, Universidade do Minho, 19(1), pp. 153-174
- Dourado, L., 2002, *Trabalho Prático ( T P ), Trabalho Laboratorial ( T L ), Trabalho de Campo ( T C ) e Trabalho Experimental ( T E ) no Ensino das Ciências - contributo para uma clarificação de termos*, Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho, Revista “Ensino Experimental das Ciências – (Re)Pensar o ensino das ciências, Ministério da educação, Departamento do ensino Secundário, p.13-29
- Gomes, P. C. C., 2006, *Funções e calculadoras gráficas : análise de algumas inferências erróneas*, Tese de mestrado Matemática, área de especialização em ensino Escola de Ciências da Universidade do Minho.
- Paiva, J., Carvalho, P. S., Sousa, A. S., Ferreira, A. J., 2012, *Ensino Experimental das Ciências – Um guia para professores do Ensino secundário, Física e Química*, Universidade do Porto.
- Peixoto, E., 1995, *Aprendizagem de Mestria e Resolução de Problemas*, McGraw-Hill.

Santos, E. & Praia, J., 1992, *Percurso de mudança na Didáctica das Ciências. Sua fundamentação epistemológica*. In: A. Cachapuz (org) – Ensino das ciências e Formação de professores, nº 1 Projeto Mutare, p. 7-34, Aveiro, Departamento da Didática e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro.

Serra, J. M., Aves, J. M., 2002, *A Física: uma Representação da Realidade que nos Cerca, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Revista "Ensino Experimental das Ciências – (Re)Pensar o ensino das ciências*, Ministério da educação, Departamento do ensino Secundário, p.87-95

Valadares J., Pereira D. C., 1991, *Didáctica da Física e da Química*, vol 1,; Universidade aberta.

Zabala, A., 2007, *A Prática Educativa – Como Ensinar*, Editora ARTMED, S. Paulo, Brasil.

Ministério da Educação-DES,2001,*Programa de Física e Química A – 10º ano*. Lisboa.

<http://www.dgisd.min-edu.pt/ensinosecundario/index.php?s=directorio&pid=2>

(Consultado em julho 2013)

Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica, *Orientações Curriculares de Ciências Físicas e Naturais*, <http://dge.mec.pt/metascurriculares/index.php?s=directorio&pid=23>  
(consultada janeiro 2013)

Brito, R.I S., 1994, Portugal, *perfil geográfico*. Editorial Estampa. Lisboa, Fonte de imagem

<http://bi.gave.min-edu.pt> (Consultado em abril 2013)

<http://education.ti.com> (consultada setembro 2013)

## Outra bibliografia consultada

Abreu, M.C., Matias L., Peralta L.F., 1994, *Física Experimental – Uma introdução*, Presença, Lisboa.

Blänsdorf, K., Frey, K., Asselborn, W., Fielding, H., Kolschwitz, H., Tagg, D., Taylor, J., Weddeeling J., 1987, *A utilização dos computadores no ensino das ciências, uma recolha de objectivos educativos, exemplos e recursos nas comunidades Europeias, Comissão das comunidades europeias*, Direcção Geral de Emprego, Assuntos Sociais e Educação.

Barbosa, M.F., Morgado, M.J., 2007, *Energias – Física A - 10 ano*, Santillana Constancia.

Cabanas, J. M. Q., 2002, *Teoria da Educação – concepção antinómica da educação*, ASA.

Caldeira, H., Bello, A., 2007, *Ontem e Hoje – Física 10º ano*, Porto Editora.

Costa, A., Moisão, A., Caeiro, 2007, F., *Ver + - Física A*, Plátano Editora, Lisboa.

Coutinho, C.P. e al, 2009, *Investigação-acção: metodologia preferencial nas práticas educativas*, Universidade do Minho.

Gomes, A.C.C., 2008, *Os Educadores e a Educação em Ciências no Jardim de Infância*; Mestrado em educação Didáctica das Ciências; universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências.

Leite, L., 2000, *As actividades laboratoriais e a avaliação das aprendizagens dos alunos*. In Sequeira,

Leite, L., 2001, *Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências*. In Departamento do Ensino Secundário (Ed.). *Cadernos didácticos de Ciências* Lisboa: Ministério da Educação, (pp.777- 96).

Parkinson, J., 1994, *The effective teaching of secondary science*. London: Longman.

Pedrosa, M., 2001, *Mudanças de Práticas de Ensino das Ciências – uma Reflexão Epistemológica*. In Departamento do Ensino Secundário (Ed.). *ensino experimental das ciências* , (pp.35-50).

Pekmez, E., Johnson, P., & Gott, R., 2005, *Teachers' understanding of the nature and purpose of practical work*. *Research in Science and Technological Education*, (23(1), 3-23).

- Ramalho S.C.C., 2007, *As atividades Laboratoriais e as práticas letivas e de avaliação adotadas por professores de Física e Química: Uma análise do efeito da Reforma Curricular do Ensino Secundário*, Tese de Mestrado em educação, Área de especialização em Supervisão pedagógica em ensino de Física e química, Universidade do Minho.
- Rodrigues, M.; Dias, F., 2007, *Física na Nossa Vida – Caderno de Laboratório – Física e Química A – 10º ano*, Porto editora.
- Sequeira, M. et al. (Org.). *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*, Braga: Universidade do Minho, (pp. 91-108).
- Silva, A. A., 1999, *Didáctica da Física*. Porto: Edições ASA, S.A.
- Silva, D.M., 2007, *Desafios da Física – Física e Química A, ano 1*, Lisboa Editora.
- Vasconcelos, F.P.P., 1997, *O Ensino /Aprendizagem de Tópicos de Electricidade (8ºano) numa perspectiva de Mudança conceptual: Um estudo de Investigação na Acção*, Dissertação de Mestrado em Física (Ensino), Universidade do Minho, Departamento de Física, Julho.
- Ventura, G., Filhais, M., Filhais, C., Paiva, J., Ferreira, A.J., 2004, *Ciências Físico-Químicas – Físico 10º ANO*, Texto Editora, 1ª Edição, Lisboa.
- Vieira, C. M. M., 2006, *A Avaliação das Aprendizagens no Contexto das Atividades Laboratoriais: influência de uma ação de formação nas concepções dos professores de Biologia e Geologia*, Dissertação de mestrado em Supervisão Pedagógica, Instituto de educação e Psicologia, Universidade do Minho.
- Wellington, J., 2000, *Re-thinking the role of practical work in Science Education*. In Sequeira, M. et al. (Org.). *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências* Braga: Universidade do Minho, (pp. 75-89).
- Balau, S., Paixão, M. F., 2006 *Trabalho prático e tecnologias da informação e Comunicação numa perspectiva CTS*  
[http://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/1002/1/FP\\_Trabalho%20exp.%20e%20tic.pdf](http://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/1002/1/FP_Trabalho%20exp.%20e%20tic.pdf) (consultado a 25 julho 2013)

Bartels, R. A., 1990, (3), 244, [http://physlab.lums.edu.pk/images/a/a5/Cooling\\_paint.pdf](http://physlab.lums.edu.pk/images/a/a5/Cooling_paint.pdf) (consultado 20 fevereiro 013)

EACEA; Eurydice, 2009, *Exames nacionais de alunos na Europa: objectivos, organização e utilização dos resultados*, Bruxelas: Eurydice,  
[http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic\\_reports/109pt.pdf](http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/109pt.pdf)  
(Consultado em 11 junho 2013)

Moreira, A.P., Loureiro, M. J., Marques, L., (2005), *Percepções de Professores e Gestores de Escolas relativas aos Obstáculos à integração das TIC no ensino das Ciências*,  
[http://ddd.uab.es/pub/edlc/edlc\\_a2005nEXTRA/edlc\\_a2005nEXTRAp452perpro.pdf](http://ddd.uab.es/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp452perpro.pdf)  
(consultada julho 2013)

Sampaio A. S., Carvalho, P.S, (2001)(DFUP)  
[http://eec.dgicd.min-edu.pt/documentos/acompanhamento\\_porto\\_utilizacao\\_sensores.pdf](http://eec.dgicd.min-edu.pt/documentos/acompanhamento_porto_utilizacao_sensores.pdf) (consultado em 26 fevereiro 2013)

Soares R.S., Paul F B, 2010, *O plano inclinado de Galileu: uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados*, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, n. 2, 2501, [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br) (Consultado em julho 2013)

*Geração da engenharia fotovoltaica*, <http://www.solenerg.com.br/blog/tag/geracao-de-eletricidade/page/3/> (consultado em março 2013)

<http://www.dct.uminho.pt/biogeo/recursos/met/file1.pdf> (consultado dezembro 2012)

<http://www.romiotto.com.br/raytek/tecnologia/valores-tipicos-de-emissividade-romiotto-instrumentos-de-medicao.pdf> (consultado março 2013)

<http://www.prisci.net/> (consultado julho 2013)

<http://cls.ea.gr/> - Creative Little Students (consultado julho 2013)



**ANEXOS**

**PROTOCOLOS**



## Anexo 1 – AL 0.1 – Rendimento no aquecimento

### Questão-Problema

Como poderemos aumentar o rendimento no aquecimento, quando cozinhamos?

### Objetivos

- Distinguir calor, temperatura e energia interna;
- Determinar a quantidade de energia necessária para aumentar a temperatura de uma certa massa de uma substância;
- Montar um circuito elétrico com uma resistência mergulhada em água de modo a caracterizar o processo de aquecimento da água;
- Conhecer a função de cada componente utilizado na montagem do circuito;
- Explicitar a sensibilidade de cada instrumento de medida e as incertezas absolutas de leitura;
- Determinar a potência e a energia fornecida pela resistência elétrica;
- Estabelecer balanços energéticos em sistemas termodinâmicos, identificando as parcelas que correspondem à energia útil e à energia dissipada no processo;
- Determinar o rendimento do processo de aquecimento da água.

### 1. Questões introdutórias

1. A quantidade de energia necessária para elevar de  $1^{\circ}\text{C}$ , 1kg de água será igual ou diferente da energia necessária para elevar também de  $1^{\circ}\text{C}$ , 1kg de chumbo?
2. De que depende a quantidade de energia que uma dada resistência pode fornecer?
3. Que medições diretas (e que material) são necessárias para determinar o aumento de energia interna da água isto é, o calor transferido para a água?
4. Que material é necessário para montar o circuito que vai fornecer calor à água usando uma resistência elétrica?
5. Como se pode diminuir a energia dissipada neste processo de aquecimento da água?
6. Sendo o objetivo desta experiência calcular o rendimento do processo de aquecimento da água, deve deixar-se que esta entre em ebulição? Porquê?

## 2. Planificação da atividade

Construir a tabela necessária para fazer todos os registos da experiência.

## 3. Material

Fonte de alimentação

Amperímetro

Voltímetro

Resistência

Sensor de temperatura

Suporte universal

Água

Balança ou proveta

Copo

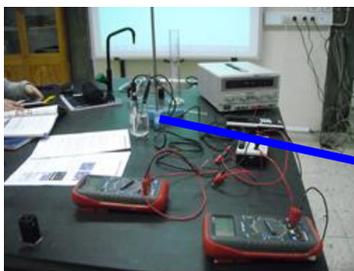
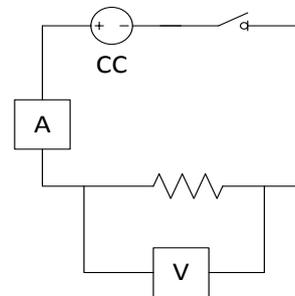
Calorímetro

Unidade portátil TI-Nspire-CX

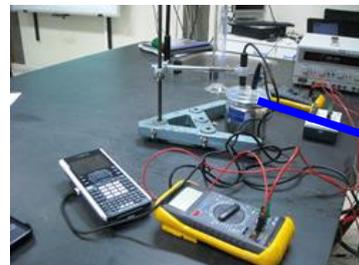
Lab Cradle

## 4. Procedimento

Montar o circuito como se mostra na figura junta, usando um copo (a) ou um calorímetro (b)



(a) – copo (sem isolamento térmico)



(b) – calorímetro (copo com isolamento térmico)



Pesar 150g de água numa balança ou medir 150mL numa proveta, colocá-la no copo ou no calorímetro e mergulhar nele a resistência de aquecimento e o sensor de temperatura.

Colocar a unidade portátil no Lab Cradle. Ligar o sensor de temperatura a um dos três canais analógicos.

Após aparecer o ecrã



seleccionar o ícone



Aparecerá então o seguinte ecrã



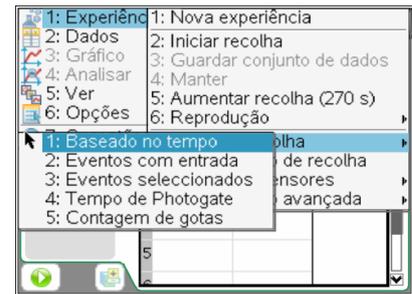
Como se pretende recolher os valores para um determinado intervalo de tempo selecionar:

1: *Experiência*; 7: *Modo de recolha*; 1: *Baseado no tempo*.

Definir o tempo de recolha de dados (sugerem-se 10 minutos) e iniciar o processo carregando em *Iniciar recolha*.

Anotar todas as medidas na tabela já construída.

Registrar a sensibilidade de todos os aparelhos usados nas medições.



## 5. Exploração dos resultados

1. Efetuar os cálculos necessários à determinação do rendimento deste processo de aquecimento da água para as duas situações experimentais usadas – copo e calorímetro.
2. Comparar os resultados com os dos outros grupos e discutir possíveis causas de erros.

## 6. Reflexão /Explicação

- Responder à questão problema fundamentando a resposta, identificando fatores que melhorem o rendimento no aquecimento quando cozinhamos os alimentos.
- Uma panela e uma chávena cheias de água a ferver encontrar-se-ão à mesma temperatura?
- Esta panela e esta chávena cheias de água a ferver terão a mesma energia interna?

## Questões-Problema

Porque é que as casas alentejanas são, tradicionalmente, caiadas de branco?

Porque é que a parte interna de uma garrafa termo é espelhada?

## Objetivos

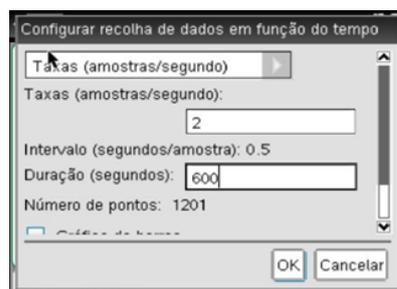
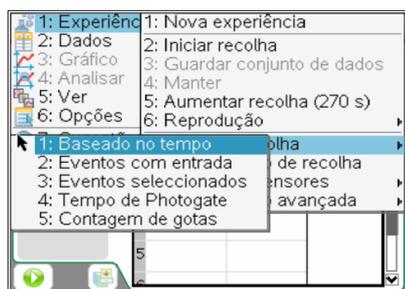
- Analisar as transferências e transformações de energia entre sistemas;
- Relacionar o poder de absorção de radiação com a natureza das superfícies;
- Comparar o poder de absorção, de reflexão e de transmissão de energia das superfícies dos recipientes;
- Relacionar as taxas de emissão e de absorção da radiação de um corpo com a diferença entre a sua temperatura e a do ambiente que o rodeia.

## 1. Questões introdutórias

1. Qual o processo de transferência de energia que se pretende demonstrar nesta atividade?
2. Pelo conhecimento do dia-a-dia (cor das roupas mais usadas no inverno, cor da roupa interior...) como prevê que seja o gráfico da temperatura em função do tempo de três latas (branca, preta e espelhada) quando expostas ao sol?
3. Para a experiência vamos simular a radiação solar usando uma lâmpada incandescente.
  - 3.1 Poderá algo interferir com o feixe de luz incidente?
  - 3.3. Para comparar os resultados é imprescindível que as condições iniciais sejam as mesmas ou podem ser diferentes?
  - 3.4. Porque é que se deve colocar a lata sobre uma superfície isolante?

## 2. Procedimento

Colocar a lata sobre uma superfície isolante. Colocar o candeeiro a 10cm da lata (cuidado para que o a luz não incida na parte onde existe cola). Ligar o sensor de temperatura ao Lab Cradle e definir um tempo de recolha de 10 min. Iniciar a recolha de dados quando ligar a lâmpada.



### **3. Observar os resultados obtidos**

(observar os gráficos da temperatura em função do tempo, do grupo e dos restantes grupos)

### **4. Reflexão sobre os resultados obtidos**

1. Analisar as transferências de energia através da superfície da lata nas diferentes zonas do gráfico.
2. A radiação incidente na lata foi total ou parcialmente absorvida?
3. Como explica que a partir de certa altura a temperatura no interior da lata fica estável?
4. Comparar os resultados dos vários grupos e explique as diferenças.
5. Apresentar a resposta às questões-problema formuladas no início do trabalho.

## Anexo 3 – AL 1.2 – Energia fornecida por um painel fotovoltaico

### Questão-Problema

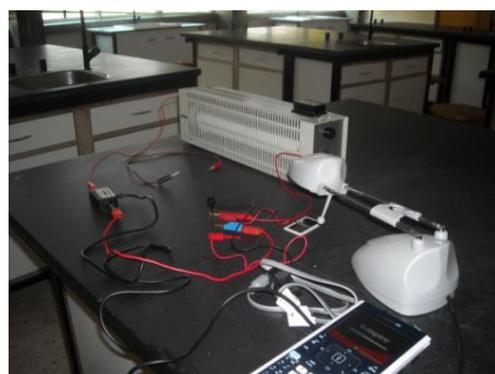
Pretende-se instalar um painel solar fotovoltaico de modo a produzir a energia elétrica necessária ao funcionamento de um conjunto de eletrodomésticos. Como proceder para que o rendimento seja máximo?

### Objetivos

- Reconhecer que a conversão fotovoltaica da energia solar consiste na transformação de energia radiante em energia elétrica;
- Compreender que o rendimento de um painel fotovoltaico é maximizado se este estiver orientado de forma a receber a máxima intensidade da radiação solar (orientação a Sul e inclinação conveniente);
- Compreender que o dimensionamento de um sistema de conversão fotovoltaico depende da potência solar média recebida por unidade de superfície terrestre, durante o número médio de horas de luz solar por dia e da potência elétrica a debitar;
- Calcular a potência elétrica fornecida pelo painel fotovoltaico em função da resistência exterior e verificar que existe um valor de resistência exterior que permite utilizar ao máximo a diferença de potencial produzida na fotocélula.

### Material

- Célula fotovoltaica
- Fios de ligação
- Candeeiro, para simular a radiação solar
- Reóstato, para simular o conjunto de eletrodomésticos de uma casa <sup>7</sup>.
- Sensor de diferença de potencial e sensor de intensidade de corrente
- Unidade portátil TI-Nspire-CX e Lab Cradle para adquirir e tratar os resultados experimentais.



---

<sup>7</sup> O reóstato é um aparelho que permite variar a resistência do circuito elétrico alimentado pelo painel fotovoltaico.

## 1. Questões introdutórias

1. Planifique a experiência tendo em conta que pretende perceber como é que a potência elétrica debitada ao circuito ( $P$ ) depende da sua resistência.
2. Com o material que possui faça um esquema da montagem do circuito.
3. Que medições deve fazer para calcular a potência elétrica fornecida pelo painel fotovoltaico ao circuito para cada valor de resistência?
4. Que tabela deve construir para poder representar graficamente a potência elétrica fornecida pelo painel solar em função da resistência do circuito?
5. Como poderia fazer para estudar o desempenho do painel fotovoltaico em função da intensidade da radiação incidente? (luz natural, lâmpadas de intensidades diferentes, usando filtros)
6. Como poderia fazer para estudar o desempenho do painel fotovoltaico em função da sua orientação relativamente à fonte de radiação?

## 2. Procedimento

- A. Comece por iluminar convenientemente o painel fotovoltaico, durante o intervalo de tempo necessário, até obter uma diferença de potencial estável e reprodutível. Registe este valor de  $V$ .
- B. Efetue a montagem do circuito com o reóstato e os sensores de diferença de potencial e de intensidade de corrente.
- C. Coloque a unidade portátil no Lab Cradle.
- D. Ligue o sensor de intensidade de corrente a um dos canais analógicos e o sensor de diferença de potencial a outro dos canais analógicos do Lab Cradle.
- E. Como pretende recolher os valores para cada uma das sucessivas posições do reóstato deve escolher a opção *Eventos com entrada*. Para isso pressione: 1: *Experiência* → 7: *Modo de recolha* → 2: *Eventos com entrada*
- F. Inicie a recolha de dados pressionando o botão *Iniciar recolha* (verde – canto inferior esquerdo) quando pretender iniciar o registo dos valores da diferença de potencial e da intensidade de corrente. Escreva *posição 1* (do reóstato) e pressione o botão do meio (canto inferior esquerdo).



G. Avance para a posição seguinte do reóstato<sup>8</sup> e repita o procedimento escrevendo *posição 2*. Prossiga até chegar ao final do reóstato. Para parar clicar no botão do canto inferior esquerdo (*parar recolha*). Se quiser repetir o ensaio sem apagar os dados anteriores pressione o 3º botão do canto inferior esquerdo.

### 3. Observar os resultados obtidos.

Com os valores obtidos de diferença de potencial (U) e de intensidade de corrente (I), complete a tabela calculando a potência elétrica utilizada (P) e a resistência de carga (R).

Compare os sucessivos valores de U com o valor de  $\Delta V$ .

Trace a curva característica desta célula solar – gráfico de I em função de U.

Trace um gráfico da  $P_{\text{útil}}$  em função da  $R_{\text{carga}}$ .

### 4. Reflexão sobre os resultados obtidos

1. Interprete os gráficos obtidos, quer o de I em função de U quer o de P em função de R.
2. Confronte os resultados do seu grupo de trabalho com os dos outros grupos e conclua quais as condições que permitem um melhor desempenho do painel.
3. Indique quais as condições ideais de funcionamento de um painel colocado no cimo de um prédio.

---

<sup>8</sup> Procure utilizar os menores valores possíveis de resistência uma vez que a célula solar que está a usar é pequena, gerando valores muito baixos de diferença de potencial aos seus terminais.

## Anexo 4 – AL 1.3 – Capacidade Térmica Mássica

### Questão-Problema

Porque é que no verão a areia fica escaldante e a água do mar não?

Porque é que os climas marítimos são mais amenos do que os continentais?

### Objetivos

- Analisar transferências e transformações de energia entre sistemas;
- Compreender os balanços energéticos em sistemas termodinâmicos identificando as parcelas correspondentes a energia útil e a energia dissipada no processo de transferência de energia;
- Associar o valor (alto ou baixo) da capacidade térmica mássica ao comportamento térmico dos materiais;
- Aplicar o conceito de capacidade térmica mássica a fenómenos do nosso dia-a-dia.

### 1. Questões introdutórias

1. Se fornecermos a mesma quantidade de energia a dois blocos de igual massa, um de cobre e um de alumínio, qual deles sofrerá maior elevação de temperatura?

Dados:  $c_{Cu} \cong 386 \text{ J}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$  e  $c_{Al} \cong 900 \text{ J}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$

2. Se os mesmos blocos forem aquecidos até sofrerem a mesma elevação de temperatura qual deles é que demorará mais tempo a aquecer?
3. Nas aulas de História ouviram falar em situações em que os guerreiros lançavam do alto do castelo azeite a ferver. Por que razão não usavam água a ferver uma vez que é mais barata?
4. Como se pode calcular a capacidade térmica mássica de uma substância a partir da energia que esta recebe de uma resistência elétrica? Que grandezas é necessário medir? Construa uma tabela adequada para fazer o registo dessas medições.

### 2. Material

- |                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| • Fonte de alimentação (CC) | Precisa ainda                   |
| • Bloco calorimétrico (BC)  | • Unidade portátil TI-Nspire-CX |
| • Resistência (R)           | • Lab Cradle                    |
| • Sensor de temperatura (S) | • Balança                       |
| • Amperímetro (A)           | • Glicerina                     |
| • Voltímetro (V)            |                                 |
| • Fios de ligação           |                                 |

### 3. Procedimento

A – Monte o circuito como se mostra na figura ao lado

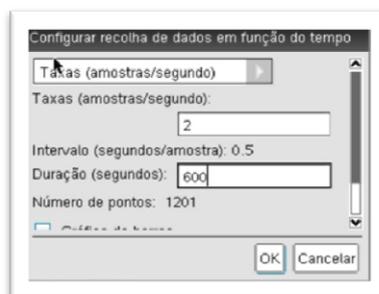
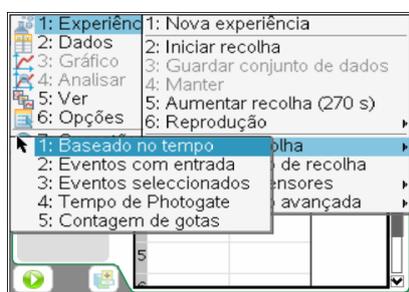
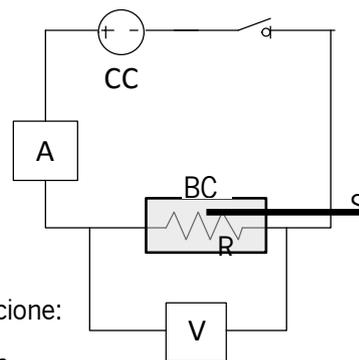
B – Coloque a unidade portátil no Lab Cradle e ligue o sensor de temperatura a um dos três canais analógicos.

C – Como pretende recolher os valores de temperatura para um determinado intervalo de tempo (10 min), na tecla **menu** seleccione:

*1: experiência* → *7: modo de recolha* → *1. Baseado no tempo*

D – Escolha o tempo de recolha de dados e a taxa de amostragem.

Inicie a recolha de dados pressionando o botão *iniciar recolha* (canto inferior esquerdo)



D – Meça a massa do bloco calorimétrico

### 4. Observação dos resultados obtidos.

Anote todas as medidas na tabela já construída.

Registe a sensibilidade de todos os aparelhos usados nas medições.

Registe os valores dos restantes grupos.

### 5. Cálculos

Efetue os cálculos numéricos necessários à determinação da capacidade térmica mássica de cada um dos blocos calorimétricos. Compare os resultados com os dos outros grupos.

Calcule a incerteza no valor da determinação da capacidade térmica mássica.

### 6. Reflexão sobre os resultados obtidos

1. Compare o valor obtido para a capacidade térmica mássica com o valor tabelado. O que pode concluir relativamente à exatidão do valor obtido?
2. Responda à questão problema fundamentando-a e debatendo-a em grande grupo.

### Questões-Problema

Para arrefecer um copo de água será mais eficaz colocar nele água a 0°C ou uma massa igual de gelo à mesma temperatura?

Qual a temperatura final da água nas duas situações, após ter decorrido o intervalo de tempo necessário para fundir toda a massa de gelo utilizada?

### Objetivos

- Identificar mudanças de estado físico: fusão, vaporização, condensação, solidificação e sublimação;
- Reconhecer a quantidade de energia necessária para a mudança de estado físico de uma unidade de massa de uma dada substância como uma característica da substância;
- Relacionar o facto da quantidade de energia envolvida na mudança de estado físico ser positiva ou negativa, com o facto de o sistema receber ou ceder energia (do ambiente ou de outro corpo com o qual esteja em contacto);
- Estabelecer balanços energéticos, aplicando a Lei da Conservação da Energia.

### 1. Questões Introdutórias

1. Para que 1kg de gelo funda temos de lhe fornecer, como calor,  $3,34 \times 10^5$  J. Que nome se atribui a este valor de energia?
2. Explique o que acontece, em termos energéticos, quando colocamos água fria (0°C) em contacto com água à temperatura ambiente.
3. Explique o que acontece, em termos energéticos, quando colocamos gelo (a mesma massa da água fria) em contacto com água à temperatura ambiente (a mesma massa da situação anterior).
4. Consegue prever em qual das duas situações a água ficará mais fria após se atingir o equilíbrio térmico?

### 2. Material

- Recipiente termicamente isolado (termo)
- Copos (preferencialmente copos de cartão com tampa)
- Água, gelo



- Balança
- Proveta de 20 mL.
- Unidade portátil TI-Nspire-CX
- Lab Cradle
- Sensores de temperatura

### 3. Procedimento

- Antes de iniciar a experiência coloque, dentro de um recipiente isolador (termo), água e gelo picado em fusão de modo a que fiquem à temperatura de 0°C.
- Coloque a unidade portátil no Lab Cradle e ligue um sensor de temperatura a um dos três canais analógicos da unidade portátil.
- Abra a aplicação *Vernier Data Quest* 

#### Situação I

- Coloque um copo sobre a balança e deite-lhe água à temperatura ambiente até que a massa sofra uma variação de 150 g (150 mL de água).
- Tape o copo, introduza o sensor de temperatura através da tampa e registe a temperatura inicial da água  $\theta_i$  (água).
- Retire do recipiente térmico gelo picado, coloque-o no copo com água e tape novamente. Vá agitando e observando a variação de temperatura até se atingir o equilíbrio térmico (até se atingir a temperatura mínima, uma vez que depois a temperatura começará de novo a subir por trocas de calor com o meio ambiente). Registe a temperatura de equilíbrio térmico,  $\theta_f$  (água + gelo).
- Determine a massa de gelo utilizada medindo (na balança) a massa de (água + gelo).

#### Situação II

- Coloque num outro copo idêntico 150 mL de água à temperatura ambiente, tape o copo, introduza o sensor de temperatura na tampa e registe a temperatura inicial da água  $\theta_i$  (água).
- Do recipiente térmico, em vez de gelo, retire agora uma massa de água igual à massa de gelo utilizada na situação anterior<sup>9</sup> (para fazer esta operação rapidamente pode usar uma proveta). Vá agitando e observando a variação de temperatura. Quando se atingir o equilíbrio térmico (valor mínimo da temperatura) registe esse valor de temperatura  $\theta'_f$  (água + água a 0°C).

---

<sup>9</sup> Esta água, por estar em equilíbrio térmico com o gelo fundente, deve estar à mesma temperatura (0°C)

#### 4. Resultados obtidos e cálculos.

1. Construa uma tabela para registrar os resultados obtidos e efetuar os cálculos necessários.
2. Determine o valor do calor cedido pela água que estava à temperatura ambiente ( $Q'_A$ ) e o do calor recebido pela água fria ( $Q_a$ ), até ser atingido o equilíbrio térmico ( $\theta'_f$ ).  $c_{\text{água}} = 4186$   
J/(kg K)
3. Determine o valor do calor cedido pela água que estava à temperatura ambiente ( $Q_A$ ) e o do calor recebido pelo gelo ( $Q_G$ ) até ser atingido o equilíbrio térmico. Distinguir as duas parcelas deste calor, a que foi usada para fundir o gelo ( $Q_f$ ) e a que foi usada para aumentar a sua temperatura desde  $0^\circ\text{C}$  até  $\theta_f$ , ( $Q_g$ ).  $L_{f(\text{água})} = 334 \text{ kJ kg}^{-1}$

#### 5. Reflexão sobre os resultados obtidos

1. Discuta os resultados obtidos face à lei da conservação de energia.
2. Responda à questão problema fundamentando-a e debatendo-a em grande grupo.

## Anexo 6 – AL 2.1 – Energia cinética ao longo de um plano inclinado

### Questão – Problema

Um carro encontra-se no cimo de uma rampa. Acidentalmente é destravado e começa a descer a rampa. Como se relaciona a energia cinética do centro de massa do carro com a distância percorrida ao longo da rampa?

### Objetivos

- Determinar os valores de velocidade em diferentes pontos de um percurso ao longo de uma rampa;
- Calcular os valores da energia cinética;
- Estudar as forças que influenciam o movimento de um corpo.

### 1. Questões introdutórias

1. Um carrinho ao descer uma rampa aumentará, diminuirá ou manterá a sua energia cinética?
2. Que grandezas é necessário conhecer para calcular a energia cinética?
3. Se fizermos vários ensaios para verificar como varia a energia cinética numa descida, temos de lançar o carrinho sempre da mesma posição?
4. Se aumentarmos a massa do carrinho o que acontecerá à energia cinética? Porquê?
5. Se aumentarmos a inclinação da rampa o que acontecerá à energia cinética? Porquê?

### 2. Material

- Calha de baixo atrito
- Carrinho de baixo atrito
- Marcador eletromagnético
- Elevador ou suporte universal
- Fita métrica
- Unidade portátil TI-Nspire-CX

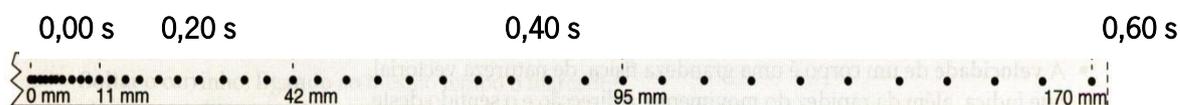
### 3. Procedimento

Comece por determinar a massa do carrinho e o ângulo de inclinação da rampa.

Coloque o carrinho na parte superior da rampa.

Cole a fita do marcador eletromagnético ao carrinho.

Faça passar a fita pelo marcador eletromagnético de modo que, à medida que o carrinho desce a rampa, fiquem marcados pontos na fita. A frequência de marcação de pontos na fita é de 50 Hz (50 pontos por segundo) o que permite determinar o intervalo de tempo entre cada dois pontos marcados na fita.



Escolha alguns pontos na fita (aproximadamente 10). Para cada um destes pontos escolhidos marque o ponto anterior e o ponto seguinte e meça a separação entre eles para calcular a velocidade média nesse ponto. Como se trata de uma distância pequena pode aproximar a velocidade média à velocidade instantânea.

Meça a distância de cada ponto à origem.

#### 4. Resultados e cálculos

Na unidade portátil, abra um *novo documento* e organize uma tabela usando a aplicação *Listas e Folhas de Cálculo*.

Na página *Dados e Estatística* elabore o gráfico da  $\Delta E_c$  em função da distância percorrida pelo carrinho.

a) Calcule o trabalho realizado pela força resultante que atua no carrinho ao longo da rampa.

b) Verifique que os resultados experimentais se ajustam a uma função linear. Para isso faça:

**menu** → 4: *analisar* → 6: *regressão*



#### 5. Reflexão sobre os resultados obtidos

a) Interprete o gráfico obtido da  $\Delta E_c$  em função da distância e compare com as previsões que tinha feito no início da experiência.

b) Qual o significado físico do declive da reta de ajuste? O valor deste declive está de acordo com o esperado?

c) Faça um esboço do gráfico da energia cinética do carrinho em função da distância percorrida se:

i. A massa do carrinho for metade da inicial;

ii. O carrinho for lançado com uma velocidade inicial diferente de zero.

d) Compare os seus resultados com os dos outros grupos e verifique se a energia cinética do carrinho depende ou não da inclinação da rampa para a mesma distância percorrida.

## Anexo 7 – AL 2.2 – Bola Saltitona

### Questão-Problema

Existirá alguma relação entre a altura de que se deixa cair uma bola e a altura atingida no primeiro ressalto?

### Objetivos

Aplicar a Lei da Conservação da Energia identificando as transformações de energia que ocorrem no sistema;

Relacionar o valor do coeficiente de restituição com a dissipação de energia e com as características elásticas dos materiais em contacto.

### 1. Questões Introdutórias

1. Quando largamos uma bola com alguma elasticidade (alguma capacidade de deformação) de uma certa altura ela ressalta. Será a altura do ressalto igual à altura de que a bola foi largada? Será o ressalto da mesma altura com que largamos a mesma?
2. Como se comportam duas bolas com elasticidades diferentes?
3. Se substituirmos um piso liso por uma esponja a altura atingida por uma bola será igual?
4. Durante o movimento da bola (queda → ressalto) que transformações e transferências de energia ocorrem se se desprezar a resistência do ar?
5. Nesta experiência, haverá conservação de energia mecânica?

### 2. Material

- Bolas de diferentes elasticidades
- Esponja e/ou tecido
- CBR
- Unidade portátil TI-Nspire-CX

### 3. Procedimento

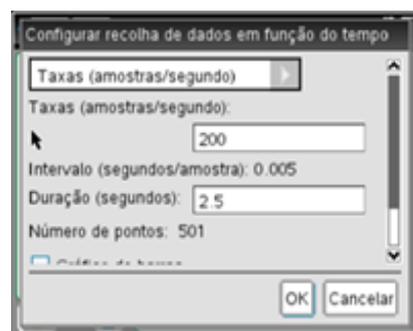
A. Ligue o cabo do CBR à unidade portátil.

B. Ligue a unidade portátil e selecione o ícone 

Escolha um intervalo de tempo curto (2,5 s). Para isso faça:

 → 1: *Experiência* → 8: *Configuração de recolha*.

Preencha os campos indicados no ecrã. Quando terminar



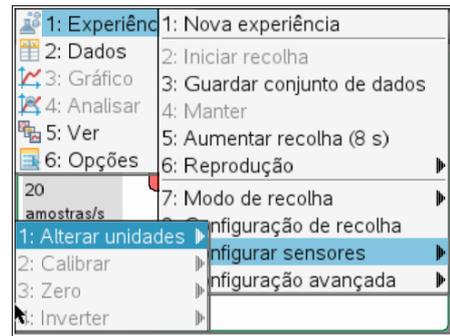
faça *OK*

- C. Coloque o CBR num suporte, a cerca de 1,5 m do chão, e coloque a bola no chão debaixo do sensor, de modo que este meça a altura a que a bola se encontra.

Para isso faça

 → 1: *Experiência* → 9: *Configurar sensor* → 4: *Inverter*.

 → 1: *Experiência* → 9: *Configurar sensor* → 3: *Zero*.



- D. Coloque a bola a cerca de 30 cm do sensor de posição (CBR) e largue-a no instante em que o colega acionar o botão *Iniciar* da unidade portátil (botão do canto inferior esquerdo). O sensor vai registando, em função do tempo, a distância a que a bola se encontra. Os pontos em que a bola está mais perto do sensor são os diversos pontos de altura máxima atingidos pela bola após cada ressalto. Os pontos de altura zero são os pontos em que a bola choca com o solo.

#### 4. Resultados obtidos.

Organize uma tabela para ir registando os valores das alturas de queda e das alturas dos respetivos ressaltos. Para isso abra a página *Listas e Folha de Cálculo* fazendo:

 → 4: *Adicionar Listas e Folha de Cálculo*.

Elabore um gráfico representando a altura de cada ressalto em função da altura de queda da bola, para cada bola usada e/ou para cada superfície testada, fazendo:

 → 5: *Adicionar Dados e Estatística*.

Trace a reta que melhor se ajusta ao conjunto de resultados experimentais obtido, fazendo:

 → 4: *Analisar* → 6: *Regressão*.

#### 5. Reflexão sobre os resultados obtidos

1. Existirá conservação de energia mecânica nesta atividade? Justifique a resposta.
2. A que corresponde o declive da reta?
3. O valor do coeficiente de elasticidade está dentro dos valores que esperava?
4. Que valor teria o declive da reta do gráfico se a altura do ressalto fosse igual à altura da queda? Poderia isto corresponder a uma situação real? Justifique.

## Anexo 8 – AL 2.3 – Atrito e variação da Energia Mecânica

### Questão-Problema

Que materiais poderão ser utilizados na construção de rampas para os seguintes fins:

- 1 –Fazer deslizar materiais de construção, de uma certa altura para o interior de um camião.
- 2 –Que permita a uma criança deslizar com facilidade, mas que a force a parar na parte final, antes de sair.

### Objetivos

- Verificar experimentalmente a existência de forças dissipativas (força de atrito) medindo a variação da energia mecânica ao longo da rampa;
- Relacionar a variação da energia mecânica de um sistema com o trabalho realizado pelas forças de atrito;
- Interpretar a natureza e o valor da força de atrito em função das propriedades físicas das superfícies em contacto;
- Identificar situações do dia-a-dia em que o atrito seja vantajoso ou prejudicial.

### 1. Questões introdutórias

1. Trace o diagrama das forças que atuam no bloco quando este desliza sobre a rampa e identifique as conservativas e as dissipativas.
2. Se existe uma força dissipativa a energia mecânica do sistema não se mantém. A variação da energia potencial é maior do que a variação da energia cinética. Que grandezas é necessário medir para determinar a variação da energia cinética? Que grandezas é necessário medir para determinar a variação da energia potencial?
3. Discutir como varia a compressão que o corpo exerce sobre a superfície (N) (que é igual à componente normal do peso,  $P_N$  ou  $P_y$ ) em função da inclinação da rampa.
4. Discutir os fatores de que depende a força de atrito – dependência da massa mantendo  $\theta$  constante e dependência do  $\theta$  mantendo a massa constante.
5. Discutir a natureza física das forças de atrito.

### 2. Material

Calha metálica

Blocos de madeira com diferentes superfícies

Célula fotoelétrica/Photogate

Unidade portátil TI-Nspire-CX

Lab Cradle

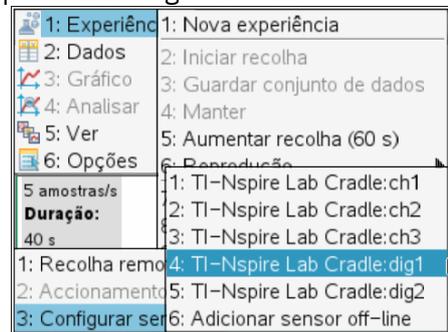
### 3. Procedimento

Faça a montagem experimental e planifique uma experiência que lhe permita medir a variação da energia mecânica do bloco (desde que é largado no cimo da rampa até que chega à posição mais baixa da rampa) para diferentes faces do bloco (diferentes rugosidades) ou para diferentes inclinações da rampa.

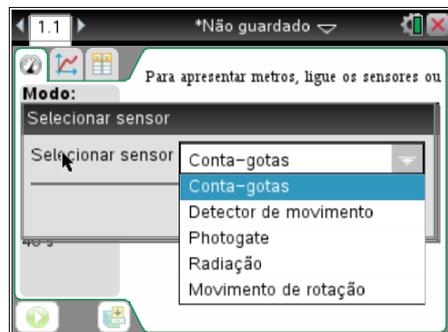
1. Registrar o ângulo  $\theta$  utilizado e a altura da rampa,  $h_1$ .
2. Montar a célula fotoelétrica numa determinada posição da rampa.
3. Colocar a unidade portátil no Lab Cradle, ligar a célula fotoelétrica a um dos dois canais digitais do Lab Cradle e abrir o *Vernier Data Quest* 

Normalmente este sensor não é logo reconhecido, por isso proceda do seguinte modo:

 → 1: *Experiência* → 10: *Configuração avançada* → 3: *Configurar sensor*

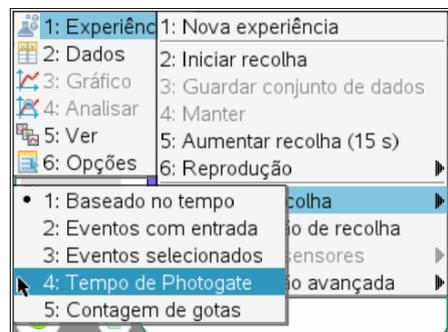


Selecionar o canal onde tem ligado o sensor para proceder à sua configuração: procurar o sensor *Photogate* e fazer OK

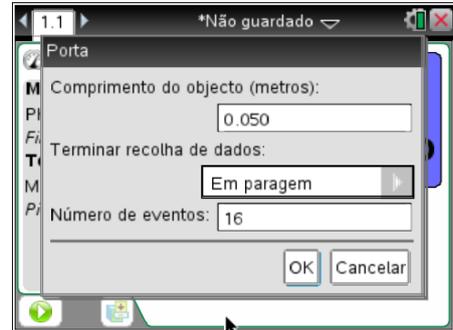


Para recolher apenas o tempo que o objeto demora a atravessar a fotocélula (para poder calcular a velocidade média) tem de configurar o tipo de experiência que pretende realizar com a *Photogate*. Para isso fazer:

 → 1: *Experiência* → 7: *modo de recolha* → 4: *Tempo de Photogate*



6. Selecionar Porta e OK
7. Registrar o comprimento do objeto que atravessa a fotocélula.
8. Colocar a recolha de dados em *paragem*. O número de eventos não é muito importante pois quando tiver dados suficientes pode parar. Faça OK e está pronto a iniciar a recolha de dados.



Os valores que a fotocélula vai ler são os seguintes:

Tempo – lê o tempo decorrido entre a primeira leitura e as seguintes.

Estado – indica se está bloqueada ou desbloqueada

B2U – mede o tempo que o objeto demora a atravessar a fotocélula

V – regista a velocidade média com que atravessa a fotocélula.

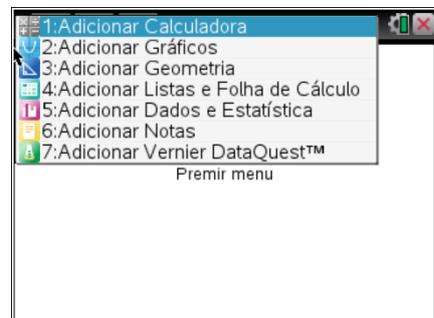


9. Iniciar a recolha de dados pressionando o *botão iniciar recolha* (botão verde no canto inferior esquerdo da unidade portátil).
10. Registrar os valores de  $E_p$  e  $E_c$  para uma posição quase no início do movimento e na parte da rampa um pouco antes do fim.
11. Repetir o procedimento para outro bloco e/ou outro ângulo.

#### 4. Resultados e cálculos

Construa uma tabela na qual registre todos os valores recolhidos na experiência e onde possa trabalhar os dados obtidos. Para isso abra a página Listas e folha de cálculo (fazendo [menu] → 4: *Adicionar Listas e Folhas de Calculo*). Complete a tabela com os valores registados.

Efetue os cálculos necessários para responder à questão problema.



Para cada face do bloco ou para cada inclinação, determine a energia mecânica e a respetiva variação. De seguida calcule o trabalho realizado pela força de atrito e o coeficiente de atrito cinético para cada situação.

#### **5. Reflexão sobre os resultados obtidos**

1. Que relação existe entre a energia dissipada e o trabalho realizado pela força de atrito?
2. O módulo da força de atrito é tanto maior quanto maior o trabalho realizado pela força de atrito. Justifique.
3. Identifique situações do dia-a-dia em que o atrito seja prejudicial e indique materiais adequados para o minimizar. Identifique também situações do dia-a-dia em que o atrito seja vantajoso.
4. Atendendo ao que verificou com os resultados obtidos responda à questão problema.