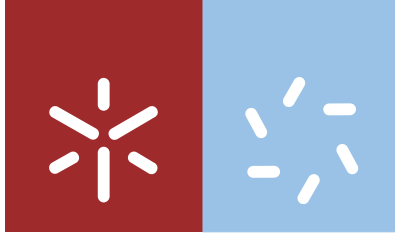


**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

Eduardo Paulo da Silva Santos

**Relatório de atividade profissional**

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



**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

Eduardo Paulo da Silva Santos

**Relatório de atividade profissional**  
Ao abrigo do Despacho RT-38/2011

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

Trabalho realizado sob a supervisão do  
**Professor Doutor António Mário Lourenço da  
Fonseca Almeida**

Nome

Eduardo Paulo da Silva Santos

Endereço electrónico: eduardosantos@colegiodorosario.pt

Número do Bilhete de Identidade: 9983415

Orientador:

Professor Doutor António Mário Lourenço da Fonseca Almeida

Ano de conclusão: 2014

Designação do Mestrado:

Relatório da Atividade Profissional ao abrigo do Despacho RT-38/2011

Mestrado em Ciências – Formação Contínua de Professores

Área de Especialização em Física e Química

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

Universidade do Minho, 31/10/2014

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

## AGRADECIMENTOS

Depois de um ano atribulado, tentando conciliar as atividades letivas com a elaboração deste relatório e de muito esforço e dedicação, eis que mais uma etapa é ultrapassada na minha vida.

Para que tal pudesse acontecer com sucesso, foi importante o apoio incondicional de algumas pessoas durante este processo. Portanto, aqui vai o meu agradecimento a todos os que me ajudaram a concluir o mesmo:

Ao meu orientador, Professor Doutor Mário Almeida, que me ajudou a encarar e ultrapassar esta etapa com todo o seu conhecimento e saber. Foi uma pessoa sempre presente, sempre disponível e sempre compreensivo durante este árduo caminho. Conseguiu guiar-me em todos os momentos e foi um apoio fulcral no meu desenvolvimento profissional.

Ao meu sobrinho, Professor Tiago Silva e às minhas colegas de trabalho no Colégio de Nossa Senhora do Rosário, Professora Anabela Roque, Professora Teresa Leite e Mestre Patrice Pacheco pelo apoio prestado na revisão deste relatório e pela força e ânimo prestados em alguns momentos mais complicados na realização do relatório.

À minha coordenadora de departamento Professora Luísa Marinho pela coragem e pela organização de reuniões de forma a disponibilizar horários para algumas reuniões na Universidade do Minho.

Às minhas filhas Beatriz Santos e Inês Santos pela compreensão da minha ausência para a realização deste relatório.

Por último mas não menos importante, à minha esposa Anabela Roque pela coragem, pelo apoio incondicional e pela compreensão da minha ausência na educação das nossas filhas.



## RESUMO

O presente Relatório de Mestrado encontra-se ao abrigo do despacho RT-38 e incide sobre a minha experiência profissional enquanto docente da disciplina de Física e Química, mais concretamente no 10º ano de escolaridade. Nele, procurarei abordar essa experiência na vertente científica e pedagógica, bem como relatar a minha formação e valorização profissional.

Este Relatório de Mestrado tem como objetivo dar ênfase, através da partilha de experiências, às diferentes práticas educativas, tentando promover a auto e heterorreflexão, a fim de melhorar o desempenho de cada um e de todos em geral, com o intuito último de melhorar o desenvolvimento do Processo de Ensino-aprendizagem de cada aluno (aluno como indivíduo único na diversidade). É essencial reforçar as aprendizagens e melhorar o desempenho, permitindo motivar cada um dos envolvidos constantemente e, por conseguinte, motivando os outros. Tal permitirá agilizar a própria ação formativa e fazer com que cada um sinta uma realização cada vez mais plena enquanto pessoa e profissional do Ensino.

Hoje em dia, existe uma grande preocupação em promover o trabalho prático em laboratório, não só devido ao elevado interesse e motivação demonstrados pelos professores como também porque os discentes evidenciam uma forte afinidade por estas áreas, o que se tem traduzido numa contínua e crescente tendência dos mesmos para procurarem o Ensino das Ciências.

O aluno não pode ser meramente um aprendiz: não pode copiar e reproduzir a realidade, mas antes deve procurar integrar os diferentes conhecimentos, completando os já existentes com os que explora de novo, reconstruindo os seus saberes e estabelecendo pontes entre as realidades vividas e as novas descobertas.

Por isso, para este trabalho, foi escolhido o tema “Energia mecânica. Lei da Conservação da Energia Mecânica” que trata, no fundo, conceitos que facilmente se repercutem no nosso quotidiano. É, também, um tema que permite o desenvolvimento das atividades experimentais em laboratório. Cada vez mais, se recorre à aprendizagem pela descoberta, através da experimentação e não só ao processo de memorização, embora a memorização seja indispensável.

Existe uma grande preocupação em tentar estimular a cognição do indivíduo.



## ABSTRACT

The present Project Report lies under the order RT-38 and focuses on my professional experience as a teacher of the discipline of Physics and Chemistry, specifically in the 10th grade of a secondary school. It is written with the attempt to approach my experience as a teacher, as far as the scientific and educational aspects are concerned, as well as the effort to report my training and professional development.

This Project Report aims to emphasize and promote self-thinking, through sharing of experiences at different educational practices, in order to improve the performance of each student and everyone in class in general, with the ultimate aim of improving the process of learning of each student, considering each student as a unique soul, an individual immersed in diversity. It is essential to reinforce learning and improve performance, allowing the motivation of everyone involved constantly, which will, therefore, motivate others. This will accelerate the formative action itself and, on the other hand, promote the personal and professional fulfillment, both as a student or teacher.

Currently, there is great concern in promoting the practical work in the laboratory, not only due to the high interest and motivation demonstrated by teachers but also to the strong attraction for these areas shown by our students, which has resulted in a continuous and growing group of scholars who seek the course of Science Education in the secondary level. The student cannot be merely an apprentice: he cannot copy and reproduce the reality. Each student should rather be determined to integrate the different types of knowledge, complementing the existing one with new experiences of exploring the reality, rebuilding their knowledge and making connections between the everyday reality and the new discoveries.

Therefore, for this project work, I chose the theme "Mechanical Energy. Law of Conservation of Mechanical Energy". It displays easily concepts that have an impact on our daily lives. This is also a theme that allows the development of experimental activities in the laboratory. Increasingly, we aim effective learning through discovery, through experimentation, not just the memorization process, although memorization is also necessary.

There is great determination to stimulate the individual's intellect.





# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1 – Energia Mecânica. Lei da Conservação da Energia Mecânica.....	3
1.1. Energia Cinética.....	4
1.2. Forças Conservativas e Energia Potencial.....	7
1.2.1. Outro exemplo de força conservativa.....	10
1.3. Forças Não Conservativas.....	11
1.4. Energia Mecânica. Lei da Conservação da Energia Mecânica.....	11
1.4.1. Diagrama de energia.....	13
1.5. Exemplos de aplicação.....	15
1.5.1. Energia Potencial gravítica em pontos próximos da superfície terrestre (considerando a aceleração da gravidade constante e igual a $9,8 \text{ ms}^{-2}$ ).....	15
1.5.2. Oscilador Harmónico.....	18
1.5.3. Pêndulo Simples.....	24
CAPÍTULO 2 - ENQUADRAMENTO PEDAGÓGICO DO TEMA.....	29
2.1. Motivação.....	29
2.2. Práticas Pedagógicas.....	30
2.3. Resultados.....	38
CAPÍTULO 3 - FORMAÇÃO E VALORIZAÇÃO PROFISSIONAL.....	45
3.1. Formação Profissional.....	45
3.1.1. Ações de formação.....	46
3.1.2. Organização, participação e realização de projetos.....	48
3.2. Formação Pessoal.....	49
BIBLIOGRAFIA.....	53
ANEXOS.....	55



## INTRODUÇÃO

Na nossa vida, é vulgar referirmos o termo energia. Esta palavra é derivada do grego *energeia* que significa capacidade de produzir trabalho.

A energia é um conceito genérico, impossível de exprimir por meio de outros conceitos mais simples, já que não é “palpável”. Apenas se podem dar exemplos de manifestações de energia, porque, quando surge a questão: “O que é a energia?”, as respostas obtidas referem-se apenas a exemplos de manifestações de energia onde se pode observar transferências e/ou transformações de energia. Este trabalho irá ser uma possível fonte de informação para se poder compreender, da melhor maneira, o que é a energia.

Já Bertrand Russel, matemático e filósofo inglês, dizia: “as definições que nós conhecemos devem começar sempre em algum ponto, com alguns termos sem definição – de momento, pelo menos, embora não para sempre, possivelmente.”

A existência de energia é denunciada quer pela capacidade de realizar trabalho quer pela sua associação a todas as partículas.

Neste relatório, os conteúdos programáticos do 10.º ano de escolaridade irão ser tratados cientificamente, numa primeira parte, e pedagogicamente, a posteriori. Um dos temas que irá ser abordado será o estudo da lei de conservação da energia mecânica. A importância desta lei (ou de outra lei de conservação) está relacionada com a simplificação da maioria dos problemas. Ao longo deste relatório, ir-se-á constatar que em muitas situações, não é necessário conhecer a força que atua no corpo ou a sua trajetória para se conhecer a sua velocidade ou a sua posição.

A lei da conservação da energia mecânica envolve os conceitos de energia potencial, energia cinética e trabalho realizado por uma força sobre um corpo.

A conservação da energia mecânica é verificada quando sobre um sistema só atuarem forças conservativas e/ou forças cujo trabalho seja nulo. Em geral, é um sistema artificial. Contudo, na maior parte dos casos, a energia mecânica não se conserva, mas nem por isso esses sistemas são menos importantes.

Neste relatório, pretende-se introduzir os conceitos a serem tratados e serão apresentados alguns exemplos de aplicação. Todos os conceitos terão um tratamento pedagógico, fazendo referência a experiências simples de realizar e compreender e que ilustrem algumas das conclusões aqui formuladas.

No capítulo 1, proceder-se-á ao enquadramento científico do tema. Irão ser abordados os conceitos de energia cinética: movimento retilíneo, movimento retilíneo uniformemente acelerado,

trabalho de uma força, teorema do trabalho-energia, forças conservativas e energia potencial, peso como força conservativa, forças não conservativas, energia mecânica e lei da conservação da energia mecânica, diagramas de energia e exemplos de aplicação.

No capítulo 2, far-se-á o enquadramento pedagógico do tema fazendo uma abordagem a temas como a motivação, as práticas pedagógicas e os resultados. Neste último tema, comparar-se-ão resultados escolares durante o 10.º e 11.º anos de escolaridade com resultados de testes intermédios, de exame nacional e resultados escolares de turmas do mesmo ano de escolaridade em diferentes anos letivos.

No capítulo 3, enfatizar-se-á a formação e valorização profissional. Neste capítulo, será feita, de forma exaustiva, referência à formação pessoal, na qual será retratada a faceta do professor como indivíduo na sociedade, cumprindo os seus deveres morais e cívicos.

# CAPÍTULO 1 – Energia Mecânica. Lei da Conservação da Energia Mecânica.

## ENQUADRAMENTO CIENTÍFICO

*“Se procuras resultados diferentes, não faças sempre a mesma coisa.”*

Albert Einstein

O enquadramento científico deste tema, tem como principal objetivo o ensino da energia mecânica e a sua conservação, no âmbito do programa da disciplina de Físico-Química do 10.º ano de escolaridade.

Quanto aos conteúdos programáticos do 10.º ano de escolaridade, os objetivos são identificar as aproximações feitas quando se representa um corpo pelo seu centro de massa; identificar a força eficaz como a componente da força responsável pelo trabalho realizado sobre o centro de massa do sistema; indicar as condições para que a ação de uma força contribua para um aumento ou diminuição de energia do sistema em que atua; calcular o trabalho realizado por uma força constante qualquer que seja a sua direção em relação à direção do movimento; reconhecer que, no modelo do centro de massa, a ação das forças dissipativas se traduz apenas numa diminuição de energia mecânica; aplicar o teorema da energia cinética em movimentos de translação, sob a ação de forças constantes; calcular o trabalho realizado pelo peso, entre dois pontos, em percursos diferentes, identificando o peso como força conservativa; relacionar o trabalho realizado pelo peso com a variação da energia potencial gravítica; indicar que o valor da energia potencial gravítica num ponto só é conhecido se for estabelecido um nível de referência; explicitar que, se num sistema só atuam forças conservativas e/ou forças que não realizem trabalho, a energia mecânica permanece constante; relacionar a variação de energia mecânica de um sistema com o trabalho realizado por forças não conservativas e analisar situações do dia-a-dia sob o ponto de vista da conservação da energia mecânica.

## 1.1. Energia Cinética

A energia cinética é a energia que está associada ao movimento de um sistema material em estudo ou a partes dele.

A energia cinética de uma partícula de massa  $m$  no instante em que ela se desloca à velocidade  $v$  é dada pela expressão matemática

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

### MOVIMENTO RETILÍNEO

Ao descrever uma trajetória retilínea, se uma partícula estiver animada de uma certa aceleração, a sua velocidade está a variar ao longo do tempo. Esta partícula está sujeita a um sistema de forças que nele estão aplicadas, cuja resultante é diferente de zero.

### MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO

A aceleração é uma grandeza que mede a variação da velocidade num determinado intervalo de tempo.

Se se considerar um movimento retilíneo uniformemente acelerado, ou seja, um movimento cuja aceleração é constante, a aceleração  $a$ , a velocidade  $v$  e a posição  $x$  estão relacionadas em qualquer instante  $t$ , através das expressões:

$$a = \frac{v - v_0}{t} \quad \text{e} \quad x = \frac{v + v_0}{2} t \quad (2)$$

em que  $v_0$  representa a velocidade da partícula no instante inicial e  $v$  a velocidade da partícula no instante  $t$ .

Se usarmos a expressão matemática que permite calcular o trabalho realizado pela força resultante ao longo de um deslocamento  $\Delta x$  e usando também as expressões matemáticas anteriores para o movimento retilíneo uniformemente acelerado, pode-se escrever:

$$W = F \Delta x \quad (3)$$

e pela lei fundamental da dinâmica

$$F = m a \quad (4)$$

logo:

$$\begin{aligned} W &= m a \Delta x \\ W &= m \frac{v - v_0}{t} \frac{v + v_0}{2} t \Leftrightarrow \\ W &= m \frac{v^2 + v v_0 - v v_0 - v_0^2}{2 t} t \Leftrightarrow \\ W &= m \frac{v^2 - v_0^2}{2} \Leftrightarrow \\ W &= \frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2) \Leftrightarrow \\ W &= \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 \end{aligned} \quad (5)$$

Analisando a expressão matemática obtida para calcular o trabalho, verifica-se que o primeiro termo do segundo membro da expressão matemática é, por definição, a energia cinética da partícula no instante  $t$  e que o segundo termo desse mesmo membro é a energia cinética da partícula no instante inicial. Então, pode-se reescrever a expressão matemática da seguinte maneira:

$$W = E_C - E_{C_0} = \Delta E_C \quad (6)$$



Esta equação traduz, matematicamente, o enunciado do teorema do trabalho-energia para uma partícula:

O trabalho realizado pela resultante de todas as forças que atuam numa partícula é igual à variação da energia cinética da mesma.

Se sobre esta atuarem várias forças, o teorema ainda é válido, considerando, no primeiro membro, o trabalho da força resultante.

O teorema também é válido no caso de a força não ser constante.

Este teorema do trabalho-energia, que foi deduzido a partir da Segunda Lei de Newton, não constitui nenhuma novidade em termos de mecânica clássica. No entanto, torna-se bastante útil na resolução de problemas em que o trabalho realizado pela resultante das forças pode ser calculada facilmente, e, a partir desta, determinar a velocidade da partícula em certas posições. Além disso, o trabalho realizado pela força resultante que atua sobre a partícula pode também ser calculado através da soma dos trabalhos realizados por todas as forças que atuam na partícula, calculando, primeiro, cada um deles separadamente:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + \dots \quad (7)$$

Para um sistema de partículas, a energia cinética pode ser separada em duas partes.

O vetor posição de uma partícula  $\vec{r}_i$  pode ser apresentado como a soma do vetor posição do centro de massa  $\vec{r}_c$  e do vetor posição da partícula relativamente ao centro de massa  $\vec{r}_{ic}$ :

$$\vec{r}_i = \vec{r}_c + \vec{r}_{ic} \quad (8)$$

Obtém-se uma relação para a velocidade, derivando a equação anterior em ordem ao tempo:

$$\vec{v}_i = \vec{v}_c + \vec{v}_{ic} \quad (9)$$

A energia cinética total,  $E_{C_r}$ , é dada pela soma das energias cinéticas de todas as partículas que constituem o sistema:

$$E_{C_r} = \frac{1}{2} \sum m_i v_i^2$$

ou seja,

$$E_{C_r} = \frac{1}{2} \sum m_i (\vec{v}_c + \vec{v}_{ic}) (\vec{v}_c + \vec{v}_{ic})$$

resolvendo

$$E_{C_T} = \frac{1}{2} \sum m_i v_c^2 + \sum m_i \vec{v}_c \vec{v}_{ic} + \frac{1}{2} \sum m_i v_{ic}^2$$

O primeiro termo do segundo membro da expressão matemática anterior representa a energia cinética de translação e pode ser escrita da forma:

$$E_{C_{translação}} = \frac{1}{2} M v_c^2$$

em que  $M$  representa a massa total do corpo:  $M = \sum m_i$ .

O segundo termo é nulo, porque pode-se escrever:

$$\sum m_i \vec{v}_c \vec{v}_{ic} = \vec{v}_c \sum m_i \vec{v}_{ic}$$

que será nulo, uma vez que o somatório, no segundo membro, é a quantidade de movimento total do sistema de partículas relativamente ao centro de massa, nula por definição.

Finalmente, o terceiro termo representa a energia cinética relativamente ao centro de massa.

Pode-se reescrever a expressão para a energia cinética total para um corpo rígido, da seguinte maneira:

$$E_{C_T} = \frac{1}{2} M v_c^2 + \frac{1}{2} \sum m_i v_{ic}^2 \quad (10)$$

## 1.2. Forças Conservativas e Energia Potencial

Para dar início ao estudo da energia potencial considere-se uma partícula a mover-se ao longo de um plano inclinado sem atrito, de acordo com o seguinte esquema.

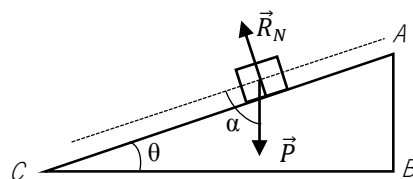


Figura 1 – Corpo a descer um plano inclinado.

As forças aplicadas no corpo, desprezando o atrito entre o corpo e o plano, são o peso do corpo  $\vec{P}$  e a reação normal  $\vec{R}_N$  e  $\alpha$  é o menor ângulo entre o peso do corpo e o deslocamento.

O corpo pode ir de  $A$  a  $C$  por dois caminhos distintos, ou seja, pode descer diretamente o plano inclinado (caminho 1) ou ir de  $A$  a  $B$  e depois de  $B$  a  $C$  (caminho 2).

Recorrendo à expressão (3), em que o valor absoluto do deslocamento  $\Delta x$  é igual à distância  $d$  e, num plano inclinado sem atrito, a força responsável pelo movimento do bloco é a força eficaz (componente do peso na direção do movimento), a expressão toma a forma:

$$W = F d \cos \alpha \quad (11)$$

em que  $F \cos \alpha$  é a força eficaz.

Como a força responsável pelo movimento é o peso do corpo, então, a expressão anterior pode tomar a forma:

$$W = P d \cos \alpha \quad (12)$$

No que se refere ao caminho 1:

$$W = P d \cos \alpha \Leftrightarrow$$

$$W = P \overline{AC} \cos \alpha \quad (13)$$

No que concerne ao caminho 2:

$$W = P \overline{AB} \cos 0^\circ + P \overline{BC} \cos 90^\circ$$

Como  $\cos 0^\circ = 1$  e  $\cos 90^\circ = 0$  então

$$W = P \overline{AB} \quad (14)$$

Recorrendo à trigonometria:

$$\cos \alpha = \frac{\overline{AB}}{\overline{AC}} \Leftrightarrow$$

$$\overline{AB} = \overline{AC} \cos \alpha$$

Substituindo na expressão (14) vem:

$$W = P \overline{AC} \cos \alpha$$

Esta expressão é exatamente igual à (13), ou seja, o trabalho realizado pelo peso de um corpo é independente do caminho percorrido, mas apenas depende das posições inicial e final do corpo. Por isso, o peso é uma força conservativa.

Facilmente se verifica que o comprimento  $\overline{AB}$  é a altura,  $h$  do plano inclinado. Desta forma, substituindo na expressão (14) obtemos:

$$W_{Fcons} = P h \quad (15)$$

em que  $W_{Fcons}$  é o trabalho realizado por uma força conservativa.

Como  $P = m g$  para corpos próximos da superfície terrestre, a expressão (15) toma a forma:

$$W_{Fcons} = m g h \quad (16)$$

que corresponde à expressão da energia potencial inicial,  $U_i$ .

$$U_i = m g h \quad (17)$$

A energia potencial final é zero, já que, se considerarmos o referencial na base do plano, a altura é zero. Como a variação da energia potencial é a diferença entre a energia potencial final e a energia potencial inicial temos:

$$\Delta U = U_f - U_i \Leftrightarrow$$

$$\Delta U = 0 - m g h \Leftrightarrow$$

$$\Delta U = - m g h \quad (18)$$

Relacionando as expressões (16) e (17) pode-se concluir que a  $\Delta U = -W_C$ , logo:

$$W_{Fcons} = - \Delta U \quad (19)$$

Generalizando: o trabalho das forças conservativas é o simétrico da variação da energia potencial.

### 1.2.1. Outro exemplo de força conservativa

Considera-se uma mola elástica colocada na horizontal e com uma das extremidades presa a uma parede. Sobre essa mola é lançado um bloco de massa  $m$  com uma determinada velocidade  $v$ . Se a mola for considerada ideal e as forças de atrito desprezáveis, a força exercida pela mola, quando é deslocada de uma distância  $x$  da sua posição de equilíbrio, é dada pela Lei de Hooke:

$$F = - k x \quad (20)$$

Admitindo que a massa da mola é muito pequena, quando comparada com a do bloco, a energia cinética associada à mola pode ser ignorada. Neste caso, a energia mecânica do sistema bloco + mola é igual à energia cinética inicial do bloco.

A partir do momento em que o bloco bate na mola e começa a comprimi-la, a sua velocidade e, conseqüentemente, a energia cinética do sistema começam a diminuir até ao ponto em que o bloco para e inverte o sentido do seu movimento (ponto de compressão máxima).

O trabalho realizado pela força elástica até ao ponto de compressão máxima é:

$$W = - \frac{1}{2} k x^2 \quad (21)$$

Considerando agora o percurso, desde o ponto de compressão máxima até à posição inicial, pode ser calculado o trabalho da força elástica:

$$W(\vec{F}_{el}) = \frac{1}{2} k x^2 \quad (22)$$

Concluiu-se que o trabalho realizado por esta força durante a compressão é simétrico do realizado durante a descompressão. Então, considerando um percurso fechado, isto é, uma trajetória em que a partícula volta à posição inicial, o trabalho realizado pela força elástica sobre o sistema é nulo. Neste caso, o percurso fechado inicia-se na posição correspondente ao momento em que o bloco bate na mola e esta ainda não foi deformada e acaba nessa mesma posição depois de sofrer uma compressão, seguida de uma descompressão.

### 1.3. Forças Não Conservativas

Em condições normais e não ideais, quando sobre um corpo ou uma partícula atuam forças conservativas, existem também forças não conservativas. Uma destas forças não conservativas com que se depara todos os dias em todas as situações, sendo, por vezes, prejudicial e, outras vezes, benéfica, é o atrito.

O trabalho realizado pelas forças não conservativas depende da trajetória, portanto, o trabalho realizado por essas forças ao longo de uma linha fechada não é nulo.

Como as forças de atrito se opõem ao movimento, o trabalho por elas realizado é negativo. Vai, então, ocorrer dissipação de energia isto porque há uma transferência de energia que não é reversível.

O atrito é resultado de um grande número de interações entre as moléculas de dois corpos em contacto. Cada uma destas interações pode ser expressa por uma força conservativa. Mas, quando o corpo, depois de ter efetuado uma trajetória fechada, volta à posição inicial, macroscopicamente as moléculas não retomam as características iniciais. A energia dissipada é transformada em energia interna.

### 1.4. Energia Mecânica.

#### Lei da Conservação da Energia Mecânica.

Considerando que sobre um sistema atuam não só forças conservativas, mas também forças não conservativas, pode-se escrever o teorema trabalho-energia da seguinte forma:

$$W_1 + W_2 + \dots + W_n = \Delta E_C$$

ou ainda:

$$\sum W_{Fcons} + \sum W_{nc} = \Delta E_C \quad (23)$$

se se representar o trabalho total realizado sobre a partícula pelas forças conservativas por  $\sum W_{Fcons}$  e o trabalho total realizado sobre a partícula pelas forças não conservativas por  $\sum W_{nc}$ .

Da expressão (19) podemos concluir que a cada força conservativa pode ser associada uma energia potencial, logo o trabalho realizado pelas forças conservativas vai estar relacionado com a variação da energia potencial total:

$$\sum W_{Fcons} = - \sum \Delta U \quad (24)$$

então, da expressão (23) vem:

$$- \sum \Delta U + \sum W_{nc} = \Delta E_C$$

$$\Delta E_C + \sum \Delta U = \sum W_{nc} \quad (25)$$

A quantidade de energia definida pela soma da energia cinética com a energia potencial (podendo esta estar armazenada na partícula sob várias formas: elétrica, elástica, gravítica, etc...) é chamada energia mecânica e representa-se por  $E_m$ . Então, a variação da energia mecânica entre dois pontos  $A$  e  $B$  é:

$$\Delta E_m = E_m(B) - E_m(A) \quad (26)$$

$$\Delta E_m = E_C(B) + \sum U(B) - E_C(A) - \sum U(A)$$

$$\Delta E_m = \Delta E_C + \sum \Delta U \quad (27)$$

Substituindo a expressão (27) em (25) verifica-se que a variação da energia mecânica do sistema é igual ao trabalho realizado pelas forças não conservativas:

$$\Delta E_m = \sum W_{nc} \quad (28)$$

Se sobre a partícula só atuarem forças conservativas, a variação da energia mecânica entre dois quaisquer pontos é zero. Isto significa que a energia mecânica da partícula se mantém constante quando só atuam forças conservativas:

$$E_m = E_C + U = \text{constante} \quad (29)$$

Este enunciado é denominado por **Princípio da Conservação da Energia Mecânica**.

### 1.4.1. Diagrama de energia

A energia potencial pode ser representada graficamente em função de  $x$ , o que se torna bastante útil para descrever o movimento da partícula sem que, para isso, se tenha de resolver a equação do movimento.

Tratando casos em que a energia potencial só depende da variável  $x$ , a força conservativa que atua na partícula, numa dada posição  $x$ , é calculada através da derivada da energia potencial nessa posição:

$$F = -\frac{dU}{dx} \quad (30)$$

A derivada da energia potencial em função da posição,  $\frac{dU}{dx}$ , é a inclinação da curva  $U(x) = f(x)$ . Esta inclinação é positiva se a função for crescente e é negativa se a função for decrescente. Nos pontos em que a energia é máxima ou mínima  $\frac{dU}{dx}$ , é nula. Isto significa que estas posições correspondem a posições de equilíbrio. Mas há diferenças entre essas posições de equilíbrio, pois, se esse ponto corresponde a um máximo de energia potencial, este é instável, se corresponde a um mínimo de energia potencial, o equilíbrio é estável.

Assim, assemelha-se legítimo considerar que a explicação é a seguinte: se o corpo se encontra na posição correspondente ao máximo de energia potencial e é deslocada ligeiramente dessa posição, a força deixa de ser nula e o corpo move-se no sentido de se afastar da posição de equilíbrio. Assim, o equilíbrio é instável. Por exemplo, quando uma bola de bilhar está colocada sobre outra, a de cima está a uma altura máxima, que corresponde ao valor máximo de energia potencial, quando a sua posição for ligeiramente diferente dessa, ela cai afastando-se da posição de equilíbrio.

Quando um corpo se encontra na posição de equilíbrio em que a energia potencial é mínima e é deslocado ligeiramente dessa posição, fica submetido a uma força que o levará de volta à posição de equilíbrio. Por exemplo, quando uma mola, que, inicialmente, se encontra em equilíbrio é ligeiramente deslocada da sua posição e, aí, largada, uma força com a mesma direção e sentido contrário à exercida para a afastar da posição de equilíbrio, levá-la-á de novo até essa posição.



Considere-se um gráfico possível para a energia potencial em função da posição para um movimento unidimensional:

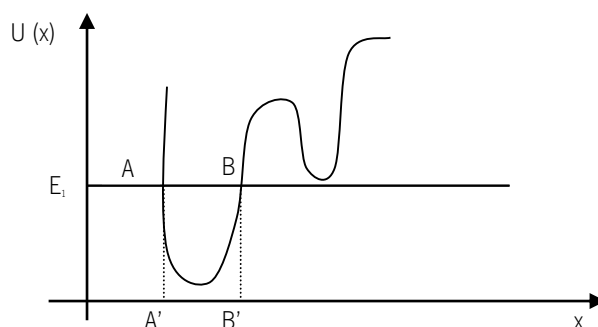


Figura 1 - Energia potencial em função da posição.

Num primeiro caso, considere-se a energia mecânica da partícula igual a  $E_1$ . Como é constante, graficamente, é representado por uma reta horizontal como na figura 1.

Para uma qualquer posição  $x$ , a energia potencial é dada pela ordenada da curva correspondente à abscissa  $x$  escolhida e a energia cinética é dada pela distância da curva da energia potencial à reta da energia mecânica. Os dois gráficos cruzam-se em dois pontos  $A$  e  $B$ , e observa-se que para a esquerda de  $A$  e para a direita de  $B$  a energia mecânica é menor do que a energia potencial. Quer isso dizer que, nessas duas regiões, a energia cinética teria de ser negativa, o que é impossível, uma vez que a expressão para calcular a energia cinética num qualquer ponto é  $E_c = \frac{1}{2} m v^2$ , que é positiva, pois trata-se do produto de duas grandezas positivas. Então, a partícula só se pode mover entre as posições  $A$  e  $B$ .

No segundo caso, considere-se para a energia mecânica um valor superior, por exemplo  $E_2$ :

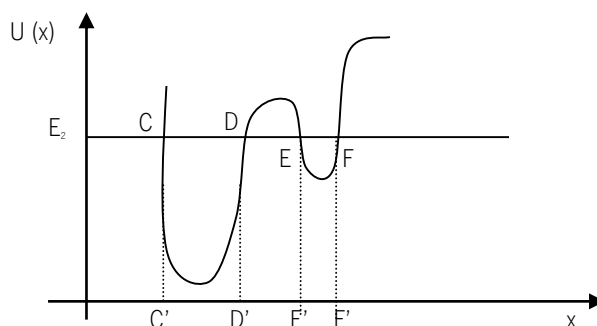


Figura 2 - Energia potencial em função da posição.

Fazendo o mesmo tipo de análise para este caso, conclui-se que a partícula oscilará entre  $C$  e  $D$  e entre  $E$  e  $F$ . Todavia, se a partícula estiver numa destas regiões nunca poderá saltar para a outra.

A explicação é a mesma, pois para passar de uma região para a outra teria de passar pela região intermédia entre as duas, na qual a energia mecânica é menor do que a energia potencial e, nesta perspetiva, a partícula teria de ter uma energia cinética negativa, o que é impossível.

Resumindo, as duas regiões estão separadas por uma barreira de potencial.

## 1.5. Exemplos de aplicação

### 1.5.1. Energia Potencial gravítica em pontos próximos da superfície terrestre (considerando a aceleração da gravidade constante e igual a $9,8 \text{ ms}^{-2}$ )

Considere-se um corpo que vai ser elevado na vertical. A força gravitacional que atua no corpo é uma força conservativa, de cima para baixo, e é dada pela expressão:

$$P = m g \quad (31)$$

Recorrendo à expressão (17), a energia potencial à superfície terrestre (tendo em conta a altura,  $h$ , zero) é nula. Se considerarmos uma altura  $h$  a expressão toma a forma:

$$U(h) = m g h \quad (32)$$

A força  $\vec{F}_2$  que é necessário exercer no corpo para que ele suba, é uma força não conservativa, exercida de baixo para cima; esta opõe-se à força  $\vec{P}$  e a sua grandeza é infinitesimalmente maior do que a grandeza de  $\vec{P}$ .

Durante a subida e até à altura desejada (que designaremos por  $h$ ), esta força realiza trabalho sobre o corpo, de acordo com a expressão (3):

$$W = F_2 \Delta x \quad (33)$$

No instante inicial e durante o movimento infinitamente lento de subida, a energia cinética do corpo é sempre nula, sendo também nula a energia potencial no início, pois considera-se que o corpo parte da posição  $h=0$ . Consequentemente, a energia mecânica é também nula no instante inicial.

Atingida a altura desejada,  $h$ , a energia mecânica é igual à energia potencial:

$$E_m = m g h \quad (34)$$

Calculando a variação da energia mecânica entre a posição inicial e a altura máxima, fica-se a conhecer o trabalho realizado pela força não conservativa, pois devem ser iguais:

$$W_2 = m g h \quad (35)$$

Aplicando o teorema do trabalho-energia entre estas duas posições, verifica-se que o trabalho realizado pela força conservativa é simétrico do realizado pela força não conservativa, pois não houve variação da energia cinética do corpo.

Atingida a altura  $h$ , deixamos cair livremente o corpo, isto é, a força não conservativa não atua no corpo. Aplicando a lei da conservação da energia mecânica, pode-se calcular o valor da velocidade do corpo quando este atinge o solo. Para isso, calcula-se o valor da energia mecânica no instante em que ele parte da posição  $h$  ( $E_m(h)$ ) e no instante em que atinge o solo ( $E_m(0)$ ).

A energia mecânica na posição  $h$ :

$$E_m(h) = E_c(h) + U(h) \quad (36)$$

sendo:

$$U(h) = m g h \quad \text{e} \quad E_c = 0:$$

$$E_m(h) = m g h \quad (37)$$

A energia mecânica na posição  $0$ :

$$E_m(0) = E_c(0) + U(0) \quad (38)$$

A energia potencial na posição  $0$  é nula porque o corpo encontra-se na posição  $h=0$ . A energia cinética nessa mesma posição é:

$$E_c(0) = \frac{1}{2} m v^2 \quad (39)$$

em que  $v$  é a velocidade nessa posição, quando atinge o solo. Então:

$$E_m(0) = \frac{1}{2} m v^2 \quad (40)$$

Como a variação da energia mecânica é nula entre estes dois pontos,

$$E_m(h) = E_m(0)$$

ou seja,

$$m g h = \frac{1}{2} m v^2 \quad (41)$$

Resolvendo a expressão em ordem à velocidade, calcula-se a velocidade com que o corpo atinge o solo:

$$v = \sqrt{2 g h} \quad (42)$$

O diagrama da energia potencial em função da posição ( $U(h) = f(h)$ ) para este caso é do tipo representado na figura 3:

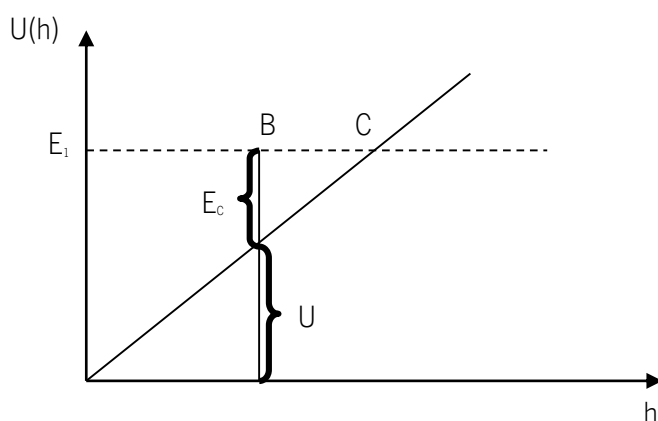


Figura 3 - Energia potencial em função da altura.

Neste diagrama, é representada uma linha reta que passa pela origem e cujo declive é  $mg$ .

A energia mecânica é constante, portanto, a sua representação gráfica é uma reta horizontal (linha tracejada). Escolhendo arbitrariamente o valor  $E_1$  para a energia mecânica, as duas retas interseitam-se no ponto C. Este ponto corresponde à altura máxima atingida pelo corpo, pois à direita deste a energia potencial é maior do que a energia mecânica o que implicaria uma energia cinética negativa que por definição é impossível.

O gráfico pode agora ser interpretado sob outra forma. Para um ponto escolhido arbitrariamente, por exemplo B, a distância entre as duas retas é numericamente igual à energia cinética correspondente a esse ponto.

Esta análise permite tratar problemas de cálculo para casos que envolvem energia potencial gravítica e energia cinética.

### 1.5.2. Oscilador Harmónico

Um dos movimentos mais importantes encontrados na Natureza é o movimento oscilatório. É um movimento periódico que se efetua sempre na mesma trajetória em torno de uma posição de equilíbrio. É periódico porque a posição, a velocidade e a aceleração repetem-se ao fim de intervalos de tempo iguais.

Existem diversos tipos de osciladores, conforme a origem da força que os faz regressar à posição de equilíbrio.

A figura 4 representa um oscilador harmónico constituído por uma mola com uma extremidade fixa a uma parede e outra extremidade ligada a um corpo de massa  $m$  muito maior do que a massa da mola. Este sistema está assente numa superfície horizontal e sem atrito entre o corpo e a superfície:

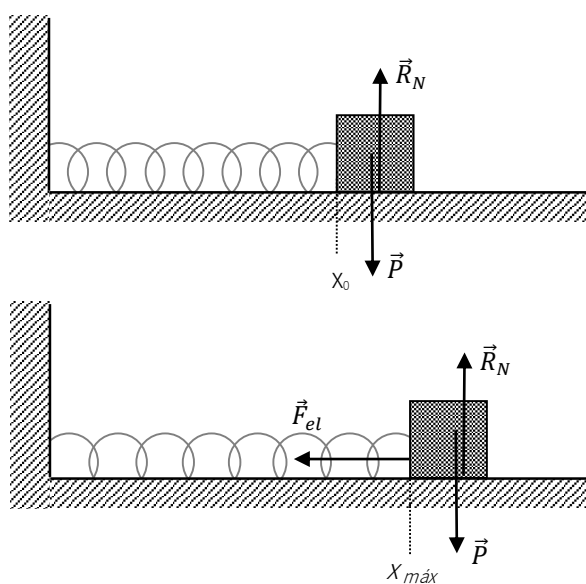


Figura 4 – Oscilador harmónico.

Numa primeira situação, a mola está em equilíbrio, encontrando-se o corpo na posição  $x_0=0$  (elongação,  $x$ , nula). Numa segunda situação, a mola está a sofrer uma distensão, encontrando-se o corpo na posição  $x_{máx}$ . A elongação da mola, na segunda situação, será:  $x = x_{máx} - x_0$ , ou seja,  $x = x_{máx}$ .

As forças aplicadas no corpo são o peso do corpo  $\vec{P}$ , a reação normal  $\vec{R}_N$ , e a força elástica  $\vec{F}_{el}$ . O peso e a reação normal anulam-se, uma vez que têm a mesma intensidade, a mesma direção, mas sentido oposto. Desta forma, pode-se concluir que a força resultante é a força elástica.

A massa da mola é desprezada, uma vez que é muito pequena quando comparada com a massa do corpo. Assim sendo, a energia cinética total do sistema é igual à energia cinética do corpo:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad (43)$$

em que  $m$  é a massa do corpo e  $v$  a sua velocidade.

A força elástica devida à mola, cuja constante elástica é  $k$ , é dada pela expressão (20) e é representada, na figura 5, como sendo a força resultante.

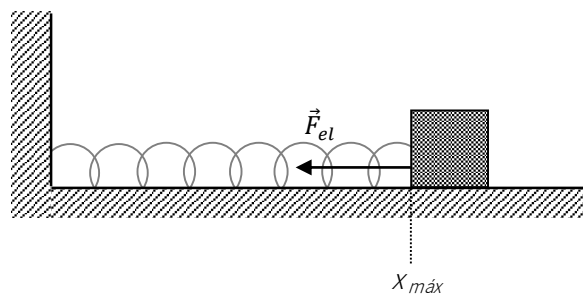


Figura 5 – Força elástica num oscilador harmónico.

Como a força elástica é uma força que só depende da posição do corpo, então, a força elástica é uma força conservativa. Da expressão (19) pode-se concluir que:

$$\begin{aligned} W_{F_{cons}} &= -\Delta U \Leftrightarrow \\ W_{F_{el}} &= -(U_f - U_i) \Leftrightarrow \\ W_{F_{el}} &= U_i - U_f \end{aligned} \quad (44)$$

Como a energia potencial inicial na posição de equilíbrio é nula, a expressão toma a seguinte forma:

$$W_{F_{el}} = -U_f \quad (45)$$

Da expressão (21) pode-se verificar que:

$$-\frac{1}{2} k x^2 = -U_f$$

A energia potencial final é a energia potencial na posição  $x_{m\acute{a}x}$ . Nesse caso, a energia potencial é:

$$U(x) = \frac{1}{2} k x_{m\acute{a}x}^2 \quad (46)$$

O gráfico da energia potencial em função de  $x$ , para este exemplo, é uma parábola.

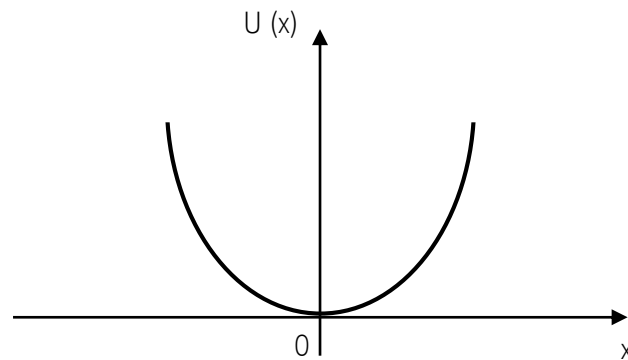


Figura 6 - Energia potencial em função da posição.

Considera-se  $x = 0$  a posição de equilíbrio e também essa como sendo a posição onde convencionalmente a energia potencial é nula.

A energia mecânica para o oscilador harmônico é dada pela soma da energia cinética com a energia potencial do sistema:

$$E_m = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 \quad (47)$$

Note-se que a energia mecânica, sendo a soma de duas parcelas não negativas, é sempre maior ou igual a zero.

Se o corpo for deslocado da sua posição de equilíbrio para uma posição  $x_{m\acute{a}x}$  e aí largado, oscilará em torno da posição de equilíbrio.

Na posição onde se iniciou o movimento,  $x_{m\acute{a}x}$ , a energia mecânica do sistema é igual à energia potencial, pois a energia cinética é zero.

$$E_m(x_{m\acute{a}x}) = E_C(x_{m\acute{a}x}) + U(x_{m\acute{a}x}) \quad (48)$$

$$E_m = \frac{1}{2} k x_{m\acute{a}x}^2 \quad (49)$$

Numa posição qualquer  $x$ , a energia mecânica do sistema pode ser calculada, sabendo a energia cinética e a energia potencial nessa posição.

Mas como a força elástica é uma força conservativa, a energia mecânica do sistema é constante. Então, a energia mecânica, na posição  $x$ , é igual à energia mecânica na posição  $x_{máx}$ :

$$\frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} k x_{máx}^2 \quad (50)$$

A partir desta expressão, a velocidade máxima atingida pelo corpo é determinada, sabendo que a essa posição corresponde o mínimo de energia potencial ( $U=0$ ). A expressão que traduz a lei da conservação da energia mecânica toma uma forma mais simples em que a única incógnita é exatamente o valor da velocidade nessa posição – velocidade máxima.

Na posição de equilíbrio, temos, então,  $U(0) = 0$  e  $E_m = \frac{1}{2} m v_{máx}^2$ , logo:

$$\frac{1}{2} m v_{máx}^2 = \frac{1}{2} k x_{máx}^2 \quad (51)$$

$$v_{máx} = \sqrt{\frac{k}{m}} x_{máx} \quad (52)$$

Se a energia mecânica do sistema é nula, então, quer a energia cinética quer a energia potencial são nulas, o que significa que o sistema está em repouso na posição de equilíbrio.

Se a energia mecânica for maior que zero, o sistema oscilará em torno da posição de equilíbrio, atingindo nos extremos da sua oscilação dois pontos que correspondem ao mesmo valor máximo de energia potencial. Nestes extremos, a energia cinética é nula, portanto, a energia mecânica é igual à energia potencial. A elongação máxima,  $x_{máx}$ , denomina-se amplitude e é representada pela letra  $A$ .

$$E_m = \frac{1}{2} k x_{máx}^2 \quad (53)$$

Usando a expressão (53), podem ser calculadas as posições extremas das oscilações do sistema:

$$x_{máx} = \pm \sqrt{\frac{2 E_m}{k}} \quad (54)$$



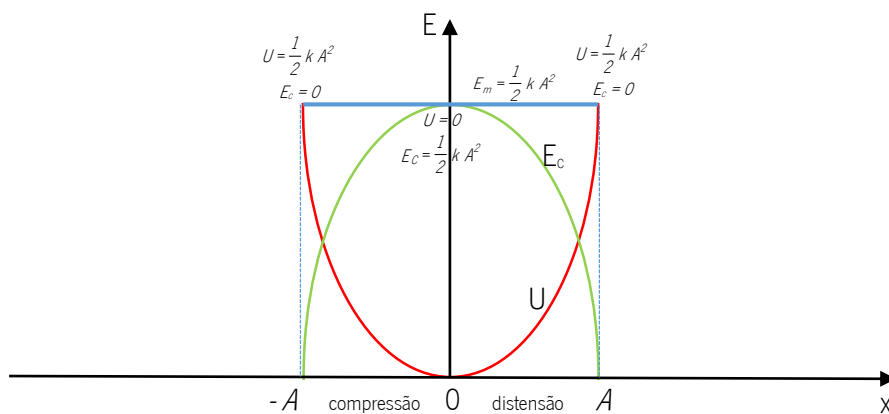
e, também, a amplitude das oscilações definida como a distância entre as posições máxima elongação (quer a mola seja distendida ou comprimida) e a posição de equilíbrio:

$$A = |x_{m\acute{a}x}| \quad (55)$$

Assim, a energia mecânica também se pode escrever:

$$E_m = \frac{1}{2} k A^2 \quad (56)$$

O gráfico da figura 7 mostra como varia a energia potencial elástica e a energia cinética, num movimento harmónico, com a elongação:



**Figura 7** – Gráfico da variação da energia cinética e da energia potencial elástica, de um movimento harmónico, com a elongação.

O deslocamento  $x$ , em relação à origem, para uma partícula que executa um movimento harmónico simples, é uma função do tempo e pode ser traduzida pela relação:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (57)$$

denominada equação das elongações. A quantidade  $(\omega t + \varphi)$  é denominada fase onde  $\varphi$  é a fase inicial,  $\omega$  a frequência angular e  $A$  é a amplitude.

Derivando a equação (57) em ordem ao tempo obtém-se a equação das velocidades:

$$v = - A \omega \operatorname{sen}(\omega t + \varphi) \quad (58)$$

Da comparação da expressão (57) com (58) pode constatar-se que quando  $x$  é máximo,  $v$  é nulo e vice-versa.

Por derivação da equação (58), obtém-se a equação das acelerações para este tipo de movimento:

$$a = - A \omega^2 \cos(\omega t + \varphi) \quad (59)$$

Comparando a expressão (57) com (59), verifica-se que:

$$a = -\omega^2 x \quad (60)$$

Da expressão (60) conclui-se que a aceleração é uma função da posição, sendo nula na posição de equilíbrio,  $x_0$ , e máxima nos pontos de elongação máxima com o sentido para a posição de equilíbrio.

A resultante das forças que atuam no corpo (força elástica) está relacionada com a aceleração por ele adquirida através da lei fundamental da dinâmica – expressão (4):

$$F_{el} = m a$$

Substituindo a força elástica pela expressão considerada no início do estudo do oscilador harmónico, tem-se:

$$-k x = m a \quad (61)$$

Resolvendo a equação anterior em ordem à aceleração:

$$a = -\frac{k}{m} x \quad (62)$$

Por comparação das expressões (60) e (62) para a aceleração, determina-se a frequência angular para este movimento:

$$w = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (63)$$

ou seja, para uma mesma mola com constante elástica  $k$ , a frequência de oscilação diminui com o aumento da massa do corpo.

### 1.5.3. Pêndulo Simples

O movimento de um pêndulo simples é um outro exemplo de movimento harmónico simples.

O pêndulo simples ideal é constituído por um corpo de massa  $m$  suspenso por um fio inextensível de comprimento  $\ell$ , que tem a outra extremidade fixa num ponto  $O$ . O corpo é tratado como uma partícula material e a massa do fio é desprezada.

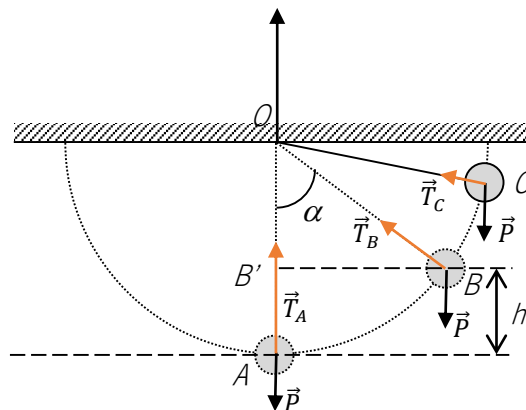


Figura 8 – Pêndulo simples ideal.

As forças aplicadas no corpo são o peso  $\vec{P}$  e a tensão  $\vec{T}$  em cada posição  $A$ ,  $B$  ou  $C$ .

Considerando a figura 8, quando o corpo é deslocado da sua posição de equilíbrio  $A$  até à posição  $C$  e aí é largado, oscilará entre duas posições máximas situadas simetricamente em relação à posição de equilíbrio, descrevendo arcos de circunferência.

Considera-se a energia potencial nula na posição  $A$ . Na posição  $B$ , a partícula encontra-se a uma altura  $h$  em relação a  $A$ . Essa altura pode ser calculada em função do comprimento do fio e do ângulo descrito, considerando o triângulo retângulo  $B'O B$ .

$$h = \ell (1 - \cos \alpha) \quad (64)$$

A energia potencial, na posição  $B$ , é igual à variação de energia potencial entre as posições  $A$  e  $B$ :

$$\begin{aligned}\Delta U &= U(B) - U(A) \Leftrightarrow \\ \Delta U &= U(B) - 0 \Leftrightarrow \\ \Delta U &= U(B)\end{aligned}$$

A variação da energia potencial é igual ao trabalho realizado pelo peso:

$$\begin{aligned}U(B) &= m g h \\ U(B) &= m g (\ell - \ell \cos \alpha)\end{aligned}\tag{65}$$

Se o ângulo  $\alpha$  for muito pequeno, ou seja, se as oscilações forem pequenas, o  $\text{sen} \alpha$  é aproximadamente igual ao ângulo  $\alpha$  expresso em radianos:

$$\text{sen} \alpha \approx \alpha$$

Da trigonometria sabe-se que:

$$\cos(2\alpha) = 1 - 2 \text{sen}^2 \alpha\tag{66}$$

Como se pretende calcular  $\cos \alpha$ , tem-se:

$$\cos \alpha = 1 - 2 \text{sen}^2 \frac{\alpha}{2}\tag{67}$$

Como  $\text{sen} \alpha \approx \alpha$ , então:

$$\text{sen} \frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2} \quad \text{e} \quad \text{sen}^2 \frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha^2}{2},$$

E assim:

$$\cos \alpha = 1 - 2 \left( \frac{\alpha}{2} \right)^2\tag{68}$$

A expressão (64) é reescrita usando esta aproximação:

$$h = \ell \left( 1 - 1 + 2 \left( \frac{\alpha}{2} \right)^2 \right)$$
$$h = \frac{1}{2} \ell \alpha^2 \quad (69)$$

O arco, descrito num dado intervalo de tempo, está relacionado com o ângulo descrito e pelo raio da trajetória, da forma:

$$s = \ell \alpha$$

$\ell$  é o raio da trajetória, ou seja, o comprimento do fio:

ou:

$$\alpha = \frac{s}{\ell} \quad (70)$$

Substituindo  $\alpha$  da expressão (70) na expressão (69), vem:

$$h = \frac{1}{2} \frac{s^2}{\ell} \quad (71)$$

A energia potencial na posição  $B$ , expressão (65), pode ser escrita como função do espaço percorrido pelo corpo de  $A$  até  $B$ , para pequenas oscilações:

$$U = \frac{m g s^2}{2 \ell} \quad (72)$$

Para qualquer posição  $s$ , a energia mecânica é dada por:

$$E_m(s) = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{m g s^2}{2 \ell} \quad (73)$$

em que  $v$  é a velocidade do corpo na posição  $s$ .

Para pequenas oscilações, o movimento do pêndulo é um exemplo de movimento harmónico pelo que se pode utilizar a equação das posições de modo semelhante ao oscilador harmónico:

$$s = A \operatorname{sen}(w t + \varphi) \quad (74)$$

Derivando esta expressão, uma vez em ordem ao tempo, obtém-se a equação das velocidades:

$$v = A w \cos(w t + \varphi) \quad (75)$$

Substituindo a velocidade dada pela expressão (75), no termo correspondente à energia cinética, na expressão (73), obtém-se:

$$E_c = \frac{1}{2} m A^2 w^2 \cos^2(w t + \varphi) \quad (76)$$

Recorrendo, novamente, à trigonometria:

$$\cos^2(w t + \varphi) = 1 - \operatorname{sen}^2(w t + \varphi)$$

então:

$$E_c = \frac{1}{2} m A^2 w^2 - \frac{1}{2} m A^2 w^2 \operatorname{sen}^2(w t + \varphi) \quad (77)$$

O segundo termo desta expressão é simplificado, pois:

$$s^2 = A^2 \operatorname{sen}^2(w t + \varphi)$$

logo:

$$E_c = \frac{1}{2} m A^2 w^2 - \frac{1}{2} m s^2 w^2$$

ou:

$$E_c = \frac{1}{2} m w^2 (A^2 - s^2) \quad (78)$$

No ponto  $A$ , a energia cinética é máxima e a energia potencial é nula. Então, a energia mecânica é igual à energia cinética máxima nesse ponto:

$$E_m = \frac{1}{2} m A^2 w^2 \quad (79)$$

Há conservação da energia mecânica, logo o valor acima determinado é igual em qualquer ponto:

$$\frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - s^2) + \frac{m g s^2}{2 \ell} \quad (80)$$

Simplificando esta expressão, obtém-se:

$$\omega^2 = \frac{g}{\ell} \quad (81)$$

que permite calcular a frequência angular  $\omega$  e a partir desta o período  $T$  deste movimento:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{ou seja} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (82)$$

Daqui, conclui-se que o período para pequenas oscilações é independente da massa e da natureza do corpo oscilante, depende só do comprimento do fio e da aceleração da gravidade no local de oscilação.

## CAPÍTULO 2 - ENQUADRAMENTO PEDAGÓGICO DO TEMA

*“O que eu ouço, eu esqueço.*

*O que eu vejo, eu lembro.*

*O que eu faço, eu entendo.”*

*Confúcio*

### 2.1. Motivação

Atualmente, vivem-se momentos de grandes mudanças ao nível da educação. Estando a sociedade em constante evolução e alteração, torna-se imperativo para cada cidadão ajustar-se às novas realidades. No entanto, é necessário haver, primeiramente, uma reflexão crítica sobre as diversas competências que, enquanto pessoa e/ou profissional, orientam cada um.

Este trabalho também tem como objetivo dar ênfase, através da partilha de experiências, às diferentes práticas educativas, tentando promover a auto e heterorreflexão, a fim de melhorar o desempenho de cada um e de todos em geral, com o intuito último de aprimorar o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem de cada aluno (aluno como indivíduo único na diversidade).

Reforçar as aprendizagens e melhorar o desempenho, permitindo motivar cada um dos envolvidos constantemente e, por conseguinte, motivando os outros, permitirão agilizar a própria ação formativa e farão que cada um sinta uma realização cada vez mais plena enquanto pessoa e profissional do ensino.

Hoje em dia existe uma preocupação em promover o trabalho prático em laboratório, não só devido ao grande interesse e motivação dos professores como também porque os discentes evidenciam um grande interesse pela área das Ciências e Tecnologias, o que se tem traduzido numa contínua e crescente tendência dos mesmos procurarem o ensino nesta área.

O aluno não pode ser meramente um aprendiz, ou seja, não pode copiar e reproduzir a realidade, mas antes deve procurar integrar os diferentes conhecimentos, completando os já existentes com os que explora de novo, reconstruindo os seus saberes e estabelecendo pontes entre as realidades vividas e as novas descobertas. Por outro lado, para que ocorra a aprendizagem das ciências, os conceitos de método científico e de investigação devem predominar (Lopes, 1994; Neto, 1998). Por isso, foi escolhido o tema “Energia mecânica. Lei da conservação da energia mecânica”,



que trata, no fundo, conceitos que facilmente se repercutem no nosso quotidiano. É também um tema que permite o desenvolvimento das atividades experimentais em laboratório. Cada vez mais se recorre à aprendizagem pela descoberta/experimentação e não só ao processo de memorização. A memorização continua a ser indispensável e é pena que se vá perdendo. Existe uma grande preocupação em tentar estimular a cognição do indivíduo. Energias renováveis, energias alternativas e carros elétricos (energia elétrica) são, hoje em dia, temas tão atuais que qualquer um é capaz de se pronunciar sobre eles. Porém, para se perceber a “mecânica” por trás destes temas tão abrangentes, temos que partir de alguns conhecimentos pré-concebidos sobre energia cinética, energia potencial e energia mecânica, entre outros, que servem de base para a consolidação destes temas tão atuais.

## 2.2. Práticas Pedagógicas

As práticas pedagógicas seguintes foram implementadas na escola Colégio de Nossa Senhora do Rosário, no Porto, no ano letivo 2013/2014, onde existiam três turmas do 10.º ano de escolaridade da área das Ciências e Tecnologias, uma das quais era a minha.

Para tornar as aulas mais criativas e facilitar a aquisição de conteúdos programáticos, pensou-se utilizar estratégias e materiais diversificados: apresentação dos sumários das aulas e dos temas em análise em *PowerPoint*; articulação do uso do manual adotado, do caderno de exercícios e das fichas de trabalho fornecidas com o “Rosário Virtual” - plataforma virtual com parceria entre o Colégio de Nossa Senhora do Rosário e a Porto Editora – onde podem ser apresentados manuais interativos, simulação de experiências, esquemas, etc. O manual adotado é o “Ontem e Hoje” da Porto Editora, cujos autores são Helena Caldeira e Adelaide Bello, com revisão científica de Maria José B. Marques de Almeida. Paralelamente a estes materiais, serão fornecidas aos alunos três fichas de trabalho. Os conteúdos abordados na ficha F 2.1 têm como objetivo a consolidação dos conteúdos relativos ao cálculo de forças resultantes, trabalho das forças e variação da energia cinética. A ficha F 2.2 tem o objetivo a consolidação dos conteúdos relativos ao trabalho realizado por uma força constante, trabalho realizado por várias forças que atuam num sistema, teorema da energia cinética, energia mecânica e conservação da energia mecânica. A ficha F 2.3 tem como finalidade a consolidação dos conteúdos relativos ao trabalho das forças não conservativas, variação da energia mecânica e trabalho das forças em planos inclinados. Nas aulas de trabalho prático-laboratorial irão ser fornecidas duas fichas-guião das atividades práticas laboratoriais relativas aos temas energia cinética

ao longo de um plano inclinado (ficha APL F 2.1) e atrito e variação da energia mecânica (ficha APL F 2.3). Para a consolidação dos dois trabalhos práticos irá ser fornecida uma ficha de consolidação para cada uma das respetivas atividades (APL F 2.1 – ficha de consolidação e APL F 2.3 – ficha de consolidação). Todas as fichas encontram-se em anexo.

A preparação de cada aula revela a criatividade de cada um para se exprimir. O bom senso e a experiência de cada um transformam essa criatividade numa prática com bons ou não tão bons resultados.

Cada ano letivo é diferente do anterior, por isso, devem ser feitos constantes ajustes em termos curriculares adaptados a cada turma e a cada aluno. Desta forma, mesmo que o professor esteja a lecionar um ano de escolaridade já lecionado no ano transato, constata-se que o método de ensino é, muitas vezes, alterado, as fichas de trabalho são reformuladas e os exercícios do manual escolar novamente selecionados.

Estas planificações não devem ser tidas em conta como sendo algo inalterável ou mesmo algo impossível de modificar. Uma planificação é um instrumento de trabalho que a qualquer altura pode sofrer alterações e/ou modificações.

Os conceitos tratados neste trabalho são lecionados no 10.º ano de escolaridade, sendo alguns dos pré-requisitos adquiridos pelos alunos no ano anterior (9.º ano de escolaridade).

Os exemplos de aplicação relativos à energia potencial em pontos afastados da superfície da Terra e o oscilador harmónico não são abordados no 10.º ano de escolaridade. Estes conteúdos só serão tratados no 12.º ano de Física (atualmente uma disciplina opcional). O pêndulo simples é tratado no 10.º ano de escolaridade, onde se relaciona a tensão do fio e o peso do corpo com o trabalho, energia cinética, energia potencial e energia mecânica.

Outro facto importante no ensino deste tema é o tratamento do corpo como partícula material.

Dos anos anteriores, os alunos conhecem a noção de força, de velocidade e de aceleração. Sabem representar forças e calcular a resultante de um sistema de forças. Conhecem ainda as leis de Newton e sabem caracterizar o movimento retilíneo quanto à velocidade e aceleração. O conceito de força gravítica é também considerado um pré-requisito.

Os discentes têm também a noção da existência de algumas formas de energia que podem ser agrupadas em dois tipos: energia cinética e energia potencial e da ocorrência de transferência e/ou transformações de energia. Sabem relacionar a energia cinética com a velocidade de um corpo e a energia potencial como sendo uma energia que está armazenada.

O início do estudo da energia no 10.º ano inicia-se com o estudo da partícula material, seguindo-se o conceito de trabalho de uma força constante e de uma força variável.

O tratamento pedagógico deste tema está descrito em 15 aulas em sala de aula normal (AT) e em 2 aulas laboratoriais (AL), estando 4 aulas destinadas à resolução de exercícios de fichas de trabalho.

Nestas aulas, estão descritas algumas experiências possíveis para o tratamento dos conteúdos em questão.

Os principais conceitos abordados são: partícula material, trabalho, força, trabalho realizado por uma força, pêndulo simples, força resultante, força de atrito, energia cinética, teorema da energia cinética, peso, trabalho do peso, energia potencial gravítica, energia mecânica, forças conservativas e não conservativas, trabalho das forças conservativas e das forças não conservativas, planos inclinados, lei da conservação da energia mecânica e variação da energia mecânica. Também se relaciona o trabalho da força gravítica com a variação da energia potencial gravítica.

No decorrer destas aulas, o professor terá sempre ao seu dispor o “Rosário Virtual” que é um excelente suporte didático.

No final de cada subtema, será fornecido aos alunos uma ficha de trabalho sobre os assuntos abordados. Esta será um elemento de trabalho para casa e, nas aulas seguintes, será alvo de discussão e de esclarecimento de dúvidas.

Em cada período letivo, os discentes realizavam duas questões de aula (testes de 1 hora) que consistiam na consolidação de conteúdos programáticos recentes, o que exigia da parte dos alunos um constante acompanhamento e atualização das matérias lecionadas a curto prazo.

O formato das aulas a seguir apresentado foi testado no ano letivo de 2013/2014.

Os alunos tinham 5 aulas semanais, uma por dia. Três aulas de 75 minutos divididas, onde metade da turma estava nas aulas de Física e Química enquanto a outra metade da turma estava, no mesmo horário, nas aulas de Biologia e Geologia. No tempo letivo seguinte, as metades alternavam no mesmo sistema. Outras duas aulas, uma de 75 minutos e outra de 60 minutos, eram com toda a turma. É de salientar que todos os testes de avaliação eram simulações de exame nacional para todos os alunos no mesmo tempo letivo, ou seja, todos os alunos do 10.º ano de escolaridade realizavam o teste com uma duração de 120 minutos mais 30 de tolerância. Entenda-se que estes testes têm a estrutura do exame nacional.


Quanto a esta tipologia de atividades letivas e após uma reflexão em grupo do departamento de Física e Química, concluiu-se que se deveria dar continuidade a este processo de ensino-aprendizagem com uma pequena alteração que consistia nas aulas terem todas a mesma duração, porque as aulas de 60 minutos não tinham sido muito rentáveis. Atualmente, este formato está implementado no ano letivo de 2014/2015.

Os objetivos desta metodologia de ensino são, entre outros, o ensino da temática curricular (conteúdos programáticos), fortalecer o aluno como indivíduo capaz, desenvolver a autonomia, estreitar laços entre os discentes, responsabilizando-os pelo seu desenvolvimento acadêmico e pelo contágio do seu próximo.

O docente será um mediador paciente, atento e solícito, sendo que o papel central é atribuído ao aluno para que este desenvolva as suas próprias aprendizagens.

De seguida, irá ser apresentada, nas quatro páginas seguintes, a planificação das atividades letivas destes conteúdos programáticos (quadros 1, 2, 3 e 4).

Quadro 1 – Planificação de atividades letivas (1ª parte)

 <b>PLANIFICAÇÃO DE ATIVIDADES LETIVAS</b>		Ano Letivo	Disciplina	Período Letivo
		2014/2015		
<b>Os alunos devem ser capazes de</b>		Unidade de estudo/Tema/Conteúdo – desenvolvimento <b>Módulo 2: Energia em movimentos/ transferências e transformações de energia em sistemas complexos – aproximação ao modelo da partícula material; a energia de sistemas em movimentos de translação.</b>	Ano de Escolaridade	Datas
			10º Ano	maio/ junho
		<b>Atividades/ Estratégias</b>		Número de aulas previstas 15 AT + 2 AL
		<b>Recursos</b>		<b>Avaliação</b>
<b>Transferências e transformações de energia em sistemas complexos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analisar as principais transferências e transformações de energia que ocorrem num veículo motorizado identificando a energia útil e a energia dissipada.</li> <li>Identificar um veículo motorizado como um sistema mecânico e termodinâmico (complexo);</li> <li>Identificar, no sistema de travagem, as forças de atrito como forças dissipativas (degradação de energia).</li> <li>Associar a ação das forças dissipativas num sistema complexo com variações de energia mecânica e interna.</li> <li>Explicar, a partir de variações de energia interna, que, para estudar fenómenos de aquecimento, não é possível representar o sistema por uma só partícula - o seu centro de massa.</li> <li>Identificar as aproximações feitas quando se representa um veículo pelo seu centro de massa.</li> <li>Identificar a força eficaz como a componente da força responsável pelo trabalho realizado sobre o centro de massa do sistema.</li> <li>Indicar as condições para que a ação de uma força contribua para um aumento ou diminuição</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Explorar a leitura de um texto, do manual, página 98.</li> <li>Explorar o sistema complexo no Rosário Virtual.</li> <li>Resolver exercícios do manual e de uma ficha de trabalho.</li> </ul>	Manual escolar Rosário Virtual Ficha de trabalho	Avaliação do empenho demonstrado na resolução das fichas de trabalho.  Avaliação das competências específicas na execução do teste de avaliação.	

Quadro 2 – Planificação de atividades letivas (2ª parte)

<p>de energia do centro de massa do sistema em que atua.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcular o trabalho realizado por uma força constante qualquer que seja a sua direção em relação à direção do movimento.</li> <li>• Reconhecer que a ação das forças dissipativas serve apenas para a diminuição da energia mecânica.</li> </ul>		<p>Quadro</p>	<p>Avaliação das competências por parte do aluno no decurso das atividades experimentais</p>
<p><b>Atividade laboratorial AL 2.1 – Energia cinética ao longo de um plano inclinado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar velocidades em diferentes pontos de um percurso.</li> <li>• Calcular valores da energia cinética.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explorar a informação sobre a atividade experimental AL2.1. na plataforma do "Rosário Virtual".</li> <li>• Realizar a atividade experimental AL2.1.</li> <li>• Construir e interpretar um gráfico da energia cinética em função da distância percorrida.</li> <li>• Resolver a ficha de consolidação da atividade AL2.1.</li> </ul>	<p>Rosário Virtual Material e equipamento de laboratório Protocolo experimental Quadro</p>	
<p><b>A energia de sistemas em movimento de translação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar o teorema da energia cinética em movimentos de translação, sob a ação de forças constantes.</li> <li>• Calcular o trabalho realizado pelo peso, entre dois pontos, em percursos diferentes, identificando o peso como uma força conservativa.</li> <li>• Relacionar o trabalho realizado pelo peso com a variação da energia potencial gravítica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explorar informações contidas no manual.</li> <li>• Explicar que para que uma força seja conservativa tem de obedecer a três condições. 1. Num circuito fechado o trabalho dessa força tem que ser nulo; 2. O trabalho dessa força não depende da trajetória percorrida (só depende da posição inicial e final); 3. O trabalho dessa força é igual ao simétrico da variação da energia potencial.</li> </ul>	<p>Manual escolar Quadro</p>	<p>Avaliação do trabalho desenvolvido na sala de aula.</p>

Quadro 3 – Planificação de atividades letivas (3ª parte)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicar que o valor da energia potencial gravítica num ponto só é conhecido se for estabelecido um nível de referência.</li> <li>• Explicitar que, se num sistema só atuam forças conservativas e/ou forças que não realizem trabalho, a energia mecânica permanece constante.</li> <li>• Relacionar a variação da energia mecânica de um sistema com o trabalho realizado por forças não conservativas.</li> <li>• Analisar situações do dia-a-dia sob o ponto de vista da conservação da energia mecânica.</li> <li>• Calcular rendimentos em sistemas mecânicos.</li> <li>• Relacionar a dissipação de energia com um rendimento de sistemas mecânicos inferiores a 100%.</li> </ul> <p><b>Atividade laboratorial – AL 2.3 - O atrito e a variação de energia mecânica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionar a variação de energia mecânica de um sistema com o trabalho realizado por forças de atrito.</li> <li>• Explicar que as forças de atrito resultam de interações entre as superfícies em contacto.</li> <li>• Identificar o coeficiente de atrito cinético como uma característica de dois materiais em contacto, em movimento relativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstrar, recorrendo ao desenho de um plano inclinado, que o peso de um bloco obedece às três condições descritas acima.</li> <li>• Concluir que o peso é uma força conservativa.</li> <li>• Estabelecer a relação entre as variações de energia cinética e potencial gravítica, usando como exemplo de análise a queda e ascensão de graves.</li> <li>• Resolver atividades, exercícios e problemas.</li> <li>• Observar e interpretar as transformações de energia de uma chapa retangular que executa um movimento pendular partindo do repouso a uma certa altura.</li> <li>• Analisar uma situação problema do dia-a-dia, como por exemplo, "Como é possível que, nas "montanhas russas" dos parques de diversões, se atinjam alturas superiores à altura da partida?".</li> </ul> <p><b>Questão problema</b>          Pretende-se projetar:          - <i>Uma rampa para fazer deslizar materiais de construção, de uma certa altura para o interior de um camião.</i>          - <i>Um escorrega que permita a uma criança deslizar com facilidade, mas que a force a parar na parte final, antes de sair.</i></p> <p>Que materiais poderão ser utilizados nas superfícies de cada rampa?</p>	<p>Manual escolar          Ficha de trabalho          Quadro</p> <p>Rosário Virtual          Material e equipamento de laboratório          Protocolo experimental          Quadro</p>	<p>Avaliação do trabalho desenvolvido na sala de aula.</p> <p>Avaliação do empenho demonstrado na resolução das fichas de trabalho.</p> <p>Avaliação das competências por parte do aluno no decurso das atividades experimentais</p>
--	---	--	--

Quadro 4 – Planificação de atividades letivas (4ª parte)

		<ul style="list-style-type: none"><li>• Relacionar a força de atrito com o coeficiente de atrito cinético e a compressão exercida na superfície de deslizamento.</li><li>• Identificar vantagens e desvantagens do atrito.</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>• Explorar a informação sobre a atividade experimental AL2.3, na plataforma do "Rosário Virtual".</li><li>• Fazer as medições das grandezas necessárias para calcular a variação de energia mecânica de um bloco que desliza ao longo de uma rampa, partindo do repouso.</li><li>• Explicar situações do dia-a-dia em que o atrito é vantajoso ou prejudicial.</li></ul>
--	--	---

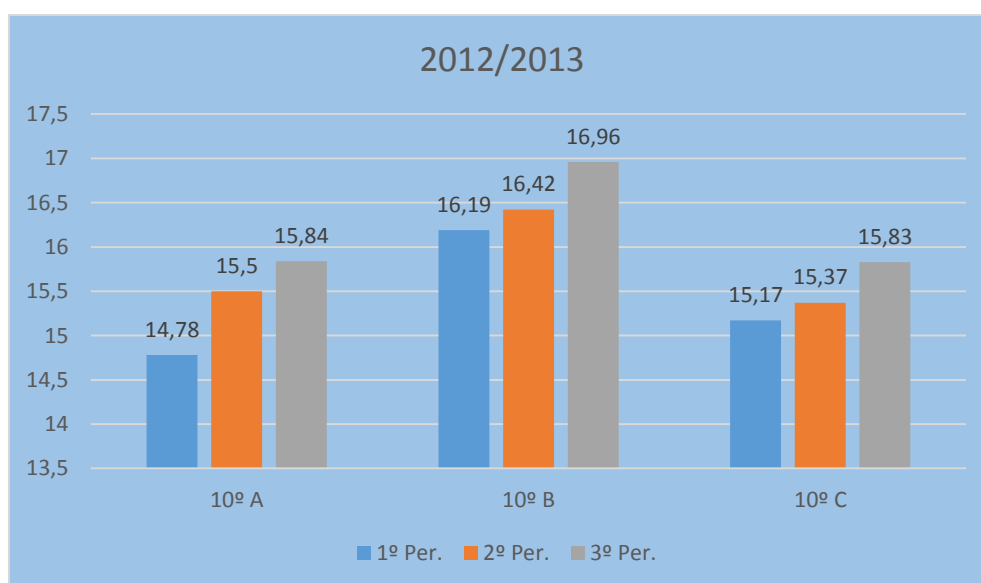


## 2.3. Resultados

Este modelo de atividades letivas está implementado no Colégio de Nossa Senhora do Rosário desde o ano letivo 2009/2010.

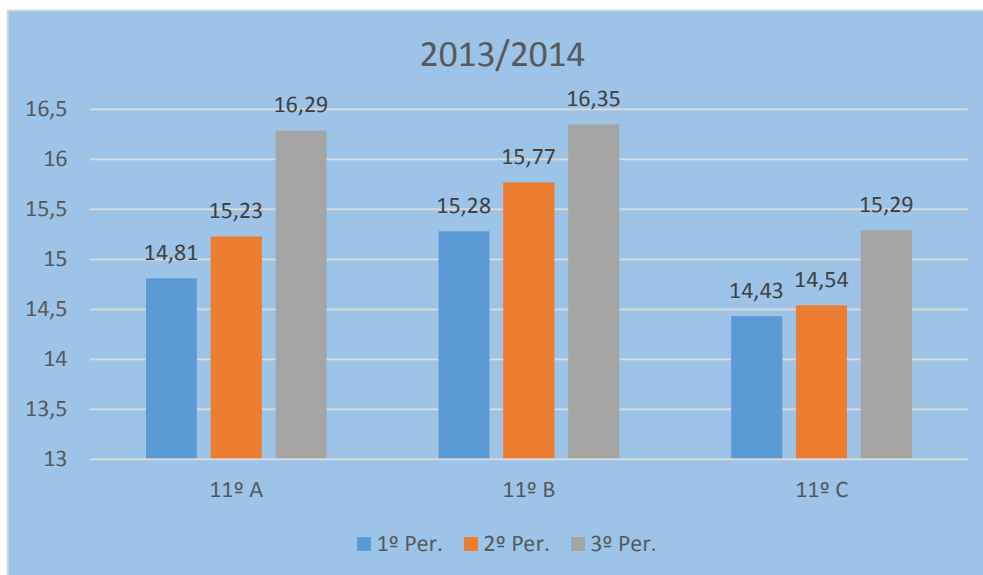
Os resultados que a seguir se apresentam e que vão servir para comparação, correspondem aos alunos das turmas referidas neste relatório, aos alunos que frequentaram o 10.º ano de escolaridade no ano letivo 2012/2013 e o 11.º ano em 2013/2014 (ano letivo no qual realizaram exame nacional de Física e Química) e aos alunos das turmas anteriores à implementação deste modelo de atividades letivas, ou seja, anterior a 2009/2010. Atualmente, os alunos referidos neste relatório, encontram-se no 11.º ano de escolaridade e, neste momento, só existem resultados escolares relativos ao 10.º ano de escolaridade. Note-se, também, que estes discentes só serão submetidos a exame nacional no final do corrente ano letivo, ou seja, 2014/2015. De qualquer modo, irão ser apresentados os resultados obtidos por estes alunos no 10.º ano de escolaridade, ou seja, no ano letivo 2013/2014.

Neste primeiro gráfico, são apresentadas as classificações médias obtidas pelas turmas A, B e C do 10.º ano de escolaridade. Pela observação do gráfico, pode-se verificar a homogeneidade das classificações, mais visível no 3.º período, nas três turmas do 10.º ano de escolaridade ao longo do ano letivo 2012/2013. Este facto pode-se dever ao trabalho coordenado da equipa de professores destas turmas. Neste caso, existia um professor de Física e Química diferente em cada turma.



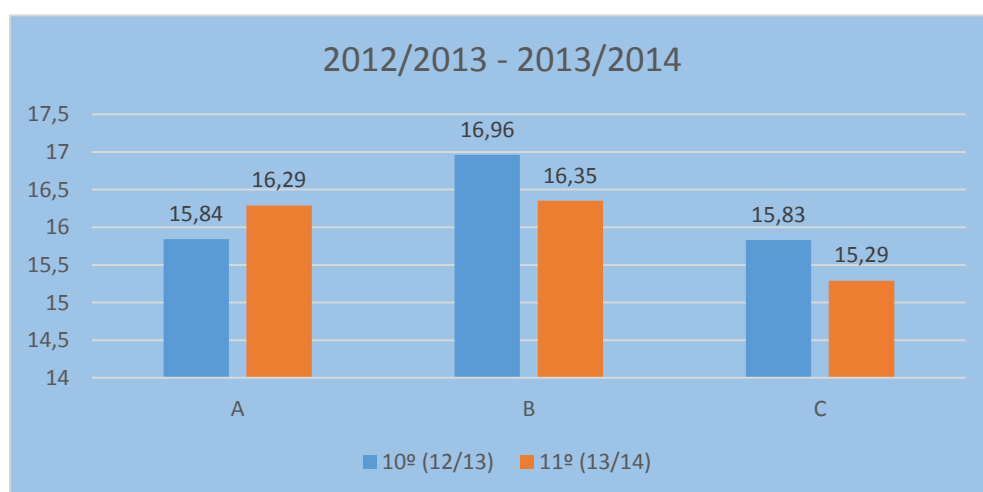
**Gráfico 1** - Classificações, médias, obtidas pelas turmas 10.º A, 10.º B e 10.º C, no ano letivo 2012/2013.

Neste segundo gráfico, são apresentadas as classificações médias obtidas pelas turmas A, B e C do 11.º ano de escolaridade e, novamente, pode-se verificar a homogeneidade das classificações das mesmas três turmas referenciadas no gráfico 1, mas, agora, no 11.º ano de escolaridade. Neste ano de escolaridade, continuou a existir um professor de Física e Química diferente em cada turma.



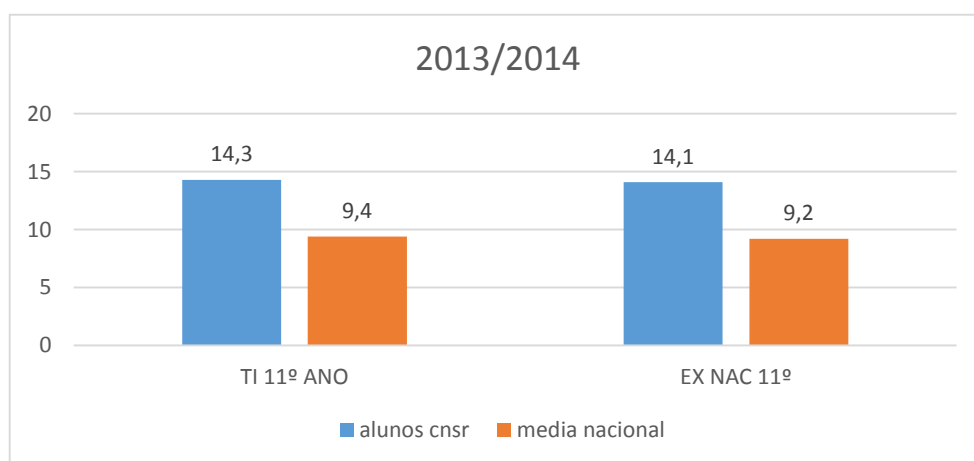
**Gráfico 2** – Classificações, médias, obtidas pelas turmas 11.º A, 11.º B e 11.º C, no ano letivo 2013/2014.

No terceiro gráfico, podem-se comparar as diferentes classificações médias obtidas no final do 3.º período em cada ano de escolaridade e para as mesmas três turmas. Verifica-se que, apesar de uma pequena subida das classificações na turma A, o que não se verifica nas outras duas turmas, as classificações das três turmas são muito similares, tanto por turma como por ano de escolaridade.



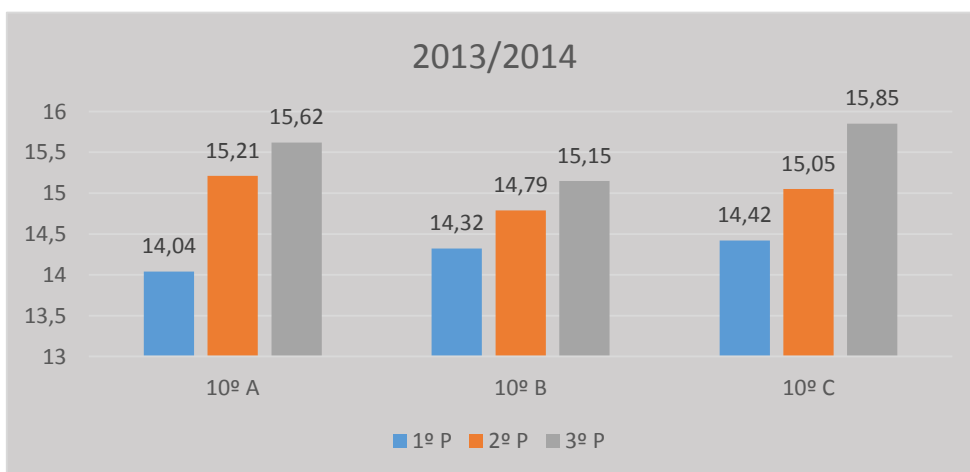
**Gráfico 3** – Classificações, médias, obtidas pelas turmas A, B e C no final do 3.º período do 10.º ano e do 11.º ano de escolaridade.

Numa primeira parte do quarto gráfico, podem-se comparar as classificações médias obtidas nos testes intermédios dos alunos das três turmas do colégio com as classificações médias obtidas pelos alunos a nível nacional. Numa segunda parte do gráfico 4, podem-se comparar as classificações médias obtidas no exame nacional dos alunos das três turmas do colégio com as classificações médias obtidas no exame nacional por todos os alunos, a nível nacional. Verifica-se que as classificações médias obtidas pelos alunos do colégio são superiores, em 4,9 valores, em relação à média nacional, tanto no teste intermédio como no exame nacional.



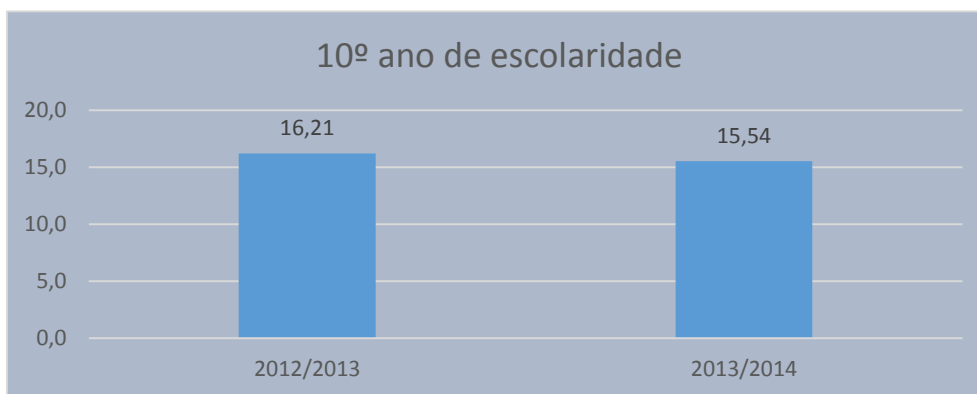
**Gráfico 4** – Classificações médias obtidas no exame nacional pelos alunos do colégio e por todos os alunos, a nível nacional.

No gráfico 5, podem-se verificar as classificações médias das, atuais, três turmas do 10.º ano de escolaridade ao longo do ano letivo 2013/2014. Neste caso, existia um professor de Física e Química na turma C (que era eu) e outro professor nas turmas A e B. Mais uma vez, se verifica que as classificações médias obtidas, pelas três turmas do 10.º ano de escolaridade em cada período letivo ao longo do ano 2013/2014 são muito semelhantes.



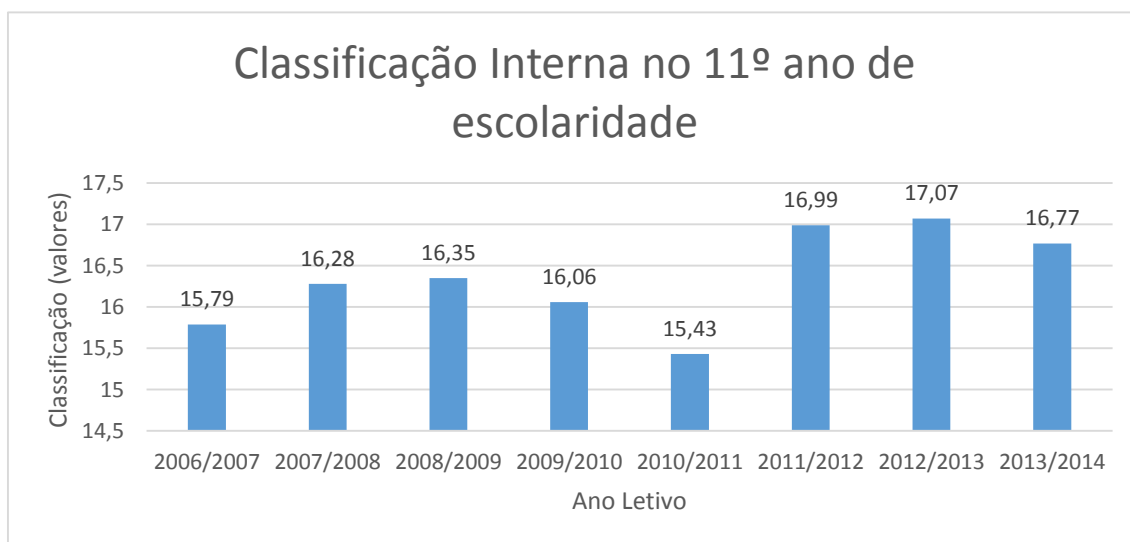
**Gráfico 5** – Classificações médias obtidas pelas turmas 10.º A, 10.º B e 10.º C, no ano letivo 2013/2014.

Com o gráfico 6, pretende-se comparar as classificações médias obtidas pelos alunos do 10.º ano de escolaridade no final do 3.º período do ano letivo 2012/2013 (gráfico 1) com as classificações médias obtidas pelos alunos do 10.º ano de escolaridade no final do 3.º período do ano letivo 2013/2014 (gráfico 5). Verifica-se que existe uma homogeneidade nas avaliações dos alunos dos mesmos anos de escolaridade em diferentes anos letivos.



**Gráfico 6** – Classificações médias obtidas pelas turmas do 10.º ano de escolaridade em 2012/2013 e 2013/2014.

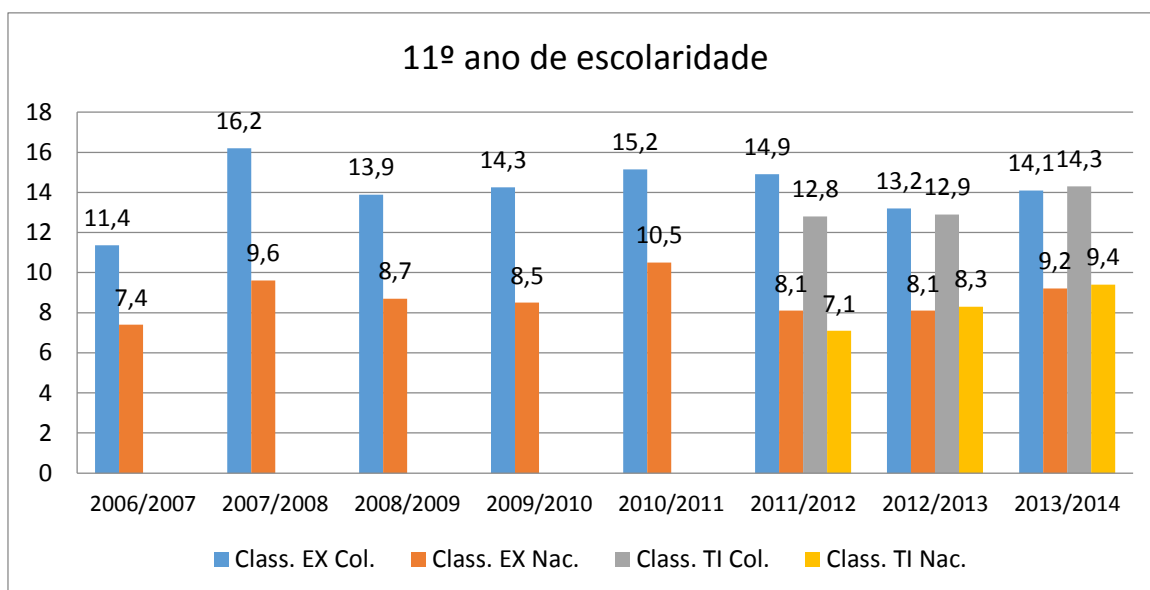
Com o gráfico 7, pretende-se comparar a classificação interna média obtida pelos alunos do 11.º ano de escolaridade no final do 3.º período (classificação interna) nos diferentes anos letivos.



**Gráfico 7** – Classificações, médias, obtidas pelas turmas do 11.º ano de escolaridade no final do 3º período.

No gráfico 8, podem-se comparar as classificações médias obtidas pelos alunos do colégio nos testes intermédios e nos exames nacionais com as classificações médias dos alunos a nível nacional.

Verifica-se que existe uma clara tendência para que as classificações médias obtidas pelos alunos do colégio serem sempre superiores em relação à média nacional, tanto no teste intermédio como no exame nacional.



**Gráfico 8** – Classificações, médias, obtidas pelas alunos do 11.º ano de escolaridade do colégio e a nível nacional nos testes intermédios e nos exames nacionais.

Comparando os dados do gráfico 7 com os dados do gráfico 8, pode-se concluir que os alunos do colégio têm uma classificação média interna sempre superior em aproximadamente dois valores em relação às classificações obtidas em exame nacional, o que se compreende pelo facto de a avaliação ser contínua, enquanto que num exame nacional os alunos estão a ser avaliados pelos seus conhecimentos em duas horas e sobre uma grande pressão.

Analisando os dados que constam nos gráficos anteriores, pode-se concluir que desde o ano letivo de 2009/2010 (ano em que se procedeu à implementação deste modelo de atividades letivas), os alunos, de uma forma geral, subiram e mantiveram as suas classificações médias, tanto na classificação interna como nas classificações de exames nacionais. Verifica-se, ainda, que os resultados dos exames nacionais, a nível nacional, baixaram, de forma geral, ao longo dos diferentes anos letivos.

Quanto à implementação deste formato de aulas no Colégio de Nossa Senhora do Rosário, posso concluir que é um sucesso, embora logisticamente para a instituição, a formação de horários tanto para professores como para alunos seja um trabalho acrescido. A realização das questões de aula, referidas anteriormente, permitem que os alunos tenham uma avaliação, ainda mais, contínua.

É um sistema que tanto envolve os professores de Física e Química como professores de outras áreas na vigilância dos testes e na substituição de alguns tempos letivos de outras disciplinas pelas simulações de exame.

Estas melhorias e inovações possibilitaram um maior aprofundamento e consolidação dos conteúdos programáticos por parte dos alunos. Por outro lado, estas estratégias permitiram, ainda, um contacto mais próximo com a realidade de uma avaliação externa à qual serão submetidos. Em suma, é um trabalho acrescido para todos os intervenientes, mas é uma mais-valia para os alunos, porque o resultado final compensa.



## CAPÍTULO 3 - FORMAÇÃO E VALORIZAÇÃO PROFISSIONAL

O que mais me estimula no processo de ensino-aprendizagem é a possibilidade de poder observar, a um ritmo, por vezes, acelerado, o desenvolvimento intelectual, pessoal e humano dos meus alunos.

Por outro lado, a determinação em melhorar a minha prática pedagógica, através da experiência diariamente adquirida ou da formação esporádica, é o motor do entusiasmo que me caracteriza e, mais do que um dever, revela-se indispensável.

Ao colocar os meus conhecimentos didáticos ao serviço da formação integral dos alunos, recebo muito mais do que saberes adquiridos, razão pela qual me habituei a fazer uma reflexão contínua sobre as características (comportamentos, atitudes, valores, saberes) de cada um dos discentes em particular e das turmas em geral. O intuito é, não só, moldar práticas letivas e formas de atuação, mas também, incentivar os meus alunos a tomarem consciência do seu percurso escolar - métodos de trabalho adquiridos, posturas e atitudes adotadas. Constantemente, são eles próprios que, de forma autónoma e perseverante, encontram e desenvolvem procedimentos que lhes apuram a vontade de serem cada vez melhores aprendentes e seres humanos individual e socialmente realizados.

Por tudo isto, quando, perante certos entraves que me poderiam levar a esmorecer, encontro alento para repensar formas de atuação através da vitalidade transmitida por alguns colegas de trabalho e pelo trabalho em equipa.

### 3.1. Formação Profissional

Em 2000, licenciiei-me em Física - Ramo Educacional na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto com a classificação final de 13 (treze) valores.

No ano 2013, concluí uma Pós Graduação em Desenvolvimento Social e Humano na Faculdade de Educação e Psicologia da Universidade Católica Portuguesa com a classificação final de 18 (dezoito) valores.



Em 2009, frequentei com aproveitamento o curso de formação “Comunicação de informação a curtas e longas distâncias”, que decorreu no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, com a classificação de 9 (nove) valores (numa escala de 0 a 10 valores).

## CARGOS ASSUMIDOS

Já desempenhei a função de coordenador de departamento na Escola Profissional Bento de Jesus Caraça, no Porto, durante cinco anos.

Atualmente, sou diretor de turma de uma turma de 7.º ano no Colégio de Nossa Senhora do Rosário e já desempenhei este cargo com outros anos de escolaridade durante sete anos.

Fui e sou corretor de exames nacionais de Física de 12.º ano e de Física e Química de 11.º ano.

Fui e sou, anualmente, moderador no painel de engenharias, no âmbito da semana das profissões organizado pelo Serviço de Psicologia do Colégio de Nossa Senhora do Rosário.

Todos os anos dou aulas de apoio aos alunos do 11.º ano de preparação para exames nacionais, no Colégio de Nossa Senhora do Rosário.

Anualmente, sou um dos responsáveis, no departamento de Física e Química do Colégio de Nossa Senhora do Rosário, pela organização de atividades experimentais de verão destinado a alunos até ao 2.º CEB – *Verão no Rosário*.

Todos os anos, também no Colégio de Nossa Senhora do Rosário, no âmbito da semana das Ciências, sou responsável pelas formações “Pilhas de Combustível” e “Robótica” organizadas pelo CATIM (Centro de Apoio Tecnológico da Indústria Metalomecânica) do Porto.

### 3.1.1. Ações de formação

Para que o meu trabalho possa continuar e melhorar, por vezes, também sinto a necessidade de recorrer a formação mais específica. Desta forma, participei nas seguintes formações:

**Específicas:**

22/03/2000 a 24/03/2000 – Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências organizado pelo Departamento de Metodologias da Educação da Universidade do Minho;

05/04/2000 – Porque é que a Lua não cai? realizada na Escola Secundária de Rocha e Peixoto, Póvoa de Varzim;

08/05/2000 – Trabalho Prático e Laboratorial no Ensino das Ciências: Passado, Presente, Que Futuro? realizada na Escola Secundária de Penafiel nº 1;

05/09/2005 a 08/09/2005 – Primeiras Jornadas do DFUP – Ensino Experimental da Física organizada pelo Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto;

09/09/2005 – Eu e a Física realizada pela Porto Editora no Instituto Superior de Engenharia do Porto;

2005 - Utilização das máquinas gráficas no ensino Experimental da Física realizada pela TETRI – TEXAS INSTRUMENTS no Colégio de Nossa Senhora do Rosário;

22/07/2007 a 27/07/2007 – Workshop em Física para Professores organizado pelo Departamento de Física da Universidade de Aveiro;

14/07/2014 a 16/07/2014 – Ação de formação “II Encontro Internacional da Casa das Ciências – Ensino e Divulgação da Ciência no Mundo Digital do Início do Século XXI” realizada no Instituto Superior de Engenharia do Porto;

**Pedagógicas:**

16/03/2000 – Currículos Alternativos realizada na Escola Secundária de Penafiel nº 1;

03/05/2000 – Encontro de Educação – 3º Ciclo do Ensino Básico realizado pela Porto Editora na Exponor;

06/07/2006 a 07/07/2006 – Avaliação e Intervenção em Dificuldades de Aprendizagem organizado pelo Serviço de Psicologia do Colégio de Nossa Senhora do Rosário;

Julho de 2007 - Desenvolver e Avaliar realizado no Colégio de Nossa Senhora do Rosário;

2008 - Avaliação Externa no Ensino Secundário – Novos Planos Curriculares realizado no Colégio de Nossa Senhora do Rosário;

14/10/2008 – Escola Virtual na Sala de Aula realizada pela Porto Editora no Colégio de Nossa Senhora do Rosário;

06/02/2009 – Questões Problemáticas no Ensino realizada pela Porto Editora no Espaço do Professor no Porto;

09/09/2009 - Como Orientar e Avaliar Projetos – Área de Projeto 12º ano realizado pela Porto Editora em Braga;

2009 - Projeto T3 – Teachers Teaching with Technology organizada pela TETRI – TEXAS INSTRUMENTS no Colégio de Nossa Senhora do Rosário;

08/09/2011 – Novo Acordo Ortográfico organizada pela Porto Editora no Colégio de Nossa Senhora do Rosário;

#### **Sociais:**

04/09/2008 a 05/09/2008 – Um Desafio a Criar Redes de Esperança realizado no Colégio do Sagrado Coração de Maria – Fátima;

Setembro de 2010 - Jornadas Inter-Colégios “Construção da identidade num mundo global” realizada no Colégio de Nossa Senhora do Rosário;

10/02/2000 – A Agricultura tradicional/moderna realizada na Escola Secundária de Penafiel nº 1;

### **3.1.2. Organização, participação e realização de projetos**

No dia 8 de maio de 2000 ajudei a organizar e a orientar um debate “mesa redonda” sobre “Trabalho Prático e Laboratorial no Ensino das Ciências: Passado, Presente, Que Futuro?” na Escola Secundária de Penafiel nº 1;

Organizei e participei em saídas de campo para recolha de água no Rio Leça no âmbito do projeto H<sub>2</sub>O essencial;

Ajudei na construção de células solares sensibilizadas com corante, também no âmbito do projeto H<sub>2</sub>O essencial;

Organizei várias feiras da Ciência, na festa final de ano letivo do Colégio de Nossa Senhora do Rosário;

No dia 15/04/2010, participei, com duas equipas de alunos, na Final Regional do concurso F1 in Schools organizado pelo CATIM na feira QUALIFICA – Exponor em Matosinhos;

Durante a minha função como docente nas disciplinas de Física e Química, Física e Área de Projeto, já desenvolvi, em parceria com os meus alunos, muitos e variados projetos, entre os quais um carro à vela, um carro fotovoltaico telecomandado, um painel a partir de sobreposição de fotografias dos projetos de solidariedade, um avião telecomandado (aeromodelismo), um kart adaptado, uma maqueta do Colégio, uma casa inteligente (domótica), uma estufa (10m x 2m), um coletor solar, uma hidrobicicleta, um submarino (miniatura), uma lanterna de emergência, um Hovercraft com capacidade para uma pessoa, um estudo de viabilidade de painéis solares para aquecimento de águas dos balneários, uma tabela periódica interativa, uma mini barragem hidroelétrica e respetiva cidade e uma torre para o estudo dos centros de gravidade.

### **3.2. Formação Pessoal**

Ao longo da minha vida profissional tenho vindo a sentir que sou cada vez mais um educador. Com as grandes mudanças na sociedade que implicam uma grande alteração na estrutura familiar das pessoas, vejo-me, muitas vezes, no papel de um bom ouvinte e de um confidente. Por isso, tentei, sempre que possível, ajudar o próximo, entrando em campanhas de solidariedade.

Ao longo da minha vida e a par da minha carreira profissional, participei em Projetos de apoio a Sem-abrigo. Durante três anos letivos e com uma frequência de três vezes por semana, entre as 21h30 até às 2h00, existia uma saída de rua, cujo objetivo não é só alimentar os mais necessitados como também alimentar estas pessoas com amor, carinho e, essencialmente, dar-lhes o devido valor, dialogando com eles, por vezes, sobre temas tão comuns como, por exemplo, o estado do tempo.

Fui educador no projeto RAIZ, onde dei apoio escolar diariamente, durante um ano letivo, a alunos com dificuldades económicas, tentando minimizar os desaires escolares. Tentei mostrar a meninos necessitados e desmoralizados que têm o mesmo direito de serem felizes e de serem bem-sucedidos, lutando para um futuro risonho.

Particpei e organizei colónias de férias para crianças do bairro de Ramalde e Aldoar.

Particpei em campanhas de Natal na recolha de géneros nos hipermercados Continente. Esta iniciativa tem por objetivo alegrar o Natal das famílias mais carenciadas do Projeto Raiz.

Com a ajuda de um grupo de aproximadamente dez alunos, apoiei uma instituição intitulada de Casa do Caminho no fornecimento de roupas, brinquedos e todo o tipo de artigos para bebés.

Com outro grupo de seis alunos, tentei criar um projeto de aproximação de crianças da obra de Frei Gil com um lar de idosos. As crianças cantavam para os idosos e, em contrapartida, os idosos contavam as suas histórias extraordinárias. Este projeto teve a duração de um ano letivo.

Nas férias de verão, costumo fazer parte de um projeto de apoio ao CAT de Portalegre – Centro de Apoio Temporário. Juntamente com um grupo de aproximadamente sete alunos, durante duas semanas, tentamos minimizar o sofrimento de crianças, desde os dois anos de idade até aos 15 anos. Fazemos jogos, teatro, experiências, artes plásticas, etc.

Durante o ano letivo, dou o meu contributo ao Centro de Apoio de Aldoar, onde costumo ajudar alunos de bairros problemáticos na realização das tarefas escolares. Este projeto é muito aliciante, uma vez que me faço acompanhar por um aluno do secundário da minha escola que tem a síndrome de asperge. De uma vez só consigo fazer a integração de ambas as partes.

Até há dois anos, também, dei o meu contributo na ajuda das tarefas escolares no Lar do Livramento que é um centro de acolhimento de meninas desprotegidas.

Ajudei a criar o projeto Mão Amiga. Este projeto teve como finalidade ajudar as crianças e adolescentes do IPO do Porto. Organizou-se uma Recolha de Sangue para aumentar Banco Dados Nacional de Medula Óssea. A iniciativa foi desenvolvida por um grupo de alunos, na disciplina de Área de Projeto do 12.º ano, que trabalharam ao longo de todo o ano em conjunto com o Instituto Português de Sangue, com o Centro de Histocompatibilidade do Norte e com um grupo de alunas do 8.º ano para que fosse possível realizar esta Doação de Vida.

Colaborei no projeto “make it possible”, onde me propus a trabalhar com alunos do 9.º ao 12.º anos os *Objetivos do Desenvolvimento do Milénio* (ODM). Os objetivos deste projeto foram concretizar oportunidades de aprendizagem (workshops, grupos de trabalho, exercícios) que iriam promover o desenvolvimento de líderes do futuro, sensíveis a temas globais e de jovens emissários dos ODM; aumentar as competências dos jovens para difundir a importância de uma liderança ativa e de alcançar os ODM através da exposição a casos de estudo e experiências práticas conduzidas por estudantes internacionais do ensino superior e de campanhas de sensibilização nas escolas e na cidade.

Particpei no projeto *Limpar Portugal*, cujo objetivo foi juntar o maior número de voluntários e parceiros, para que todos juntos pudessem limpar a cidade do Porto, no dia 20 de Março de 2010, fazendo algo de essencial por nós, por Portugal, pelo planeta e pelo futuro dos nossos filhos. Este projeto partiu de um relato de um projeto desenvolvido na Estónia em 2008, por um grupo de amigos que decidiu colocar “Mãos à Obra” e propuseram “Vamos limpar a floresta portuguesa num só dia”, tendo dado origem a este movimento cívico, que conta já com milhares de voluntários.

Num mundo de injustiça, somos nós os únicos responsáveis pela mudança. Olhemos, por isso, uns pelos outros e sejamos solidários, contribuindo com o que podemos – um pouco de nós mesmos para ajudar o próximo.



## BIBLIOGRAFIA

### Referências

Caldeira, H., Bello, A., *Ontem e Hoje Física 10/11*, Porto Editora, 2007.

Lopes, J., *Resolução de problemas em Física e Química*. Lisboa: Texto Editora, 1994.

Neto, A., *Resolução de problemas em Física*. Lisboa: IIE, 1998.

Russel, B., *"Introduction to Mathematical Philosophy"*, Londres: George Allen & Unwin; Nova Iorque: The Macmillan Company, 1919.

### Bibliografia de apoio

Alonso e Finn, *Física um curso universitário – Mecânica, volume 1*, Editora Edgard Blucher, São Paulo, 1972.

Caldeira, H., Bello, A., *Ontem e Hoje Física 10/11*, Porto Editora, 2007.

Feynmann, R. P., Leighton, R. B. and Sands, M., *The Feynman lectures on Physics, volume 1*, Addison – Wesley Publishing Company, Reading-Massachusetts, 1967.

Hodson, D., *Experiments in science teaching. Educational Philosophy and Theory*, 1998.

Hodson, D., *A critical look at practical work in school science*. School Science Review, 1990.

Kittel, C., Knight, W. D., Helmholz, A. C., Moyer, B. J., *Berkeley Physics Course – Mechanics, volume 1*, 2ª edição, McGrawHill, 1973.

Leite, L. (no prelo a). *Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências.*, Cadernos Didáticos de Ciências, Lisboa: DES.

Maia, I., Santos, E., *Otimizar as práticas de aprendizagem dos alunos do 3º CEB, segundo um modelo de escolaridade alternativo, no âmbito das Ciências Físico-Naturais*, CNSR/UCP, 2013.

Resnick, R., Halliday, D., *Física 1*, 4ª edição, Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., Rio de Janeiro, 1983.



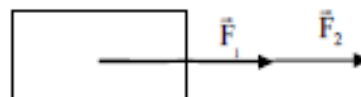


ANEXOS

1. Um objeto de massa 30,0 kg é empurrado sobre uma superfície horizontal por duas pessoas, de acordo com a figura.

As intensidades das forças  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$  são, respetivamente, 200 N e 300 N

e entre a superfície de contacto do objeto em movimento e o solo existe uma força de atrito com intensidade igual a 150 N.

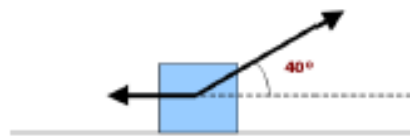


- 1.1. Represente esquematicamente o sistema de forças que atua no objeto.  
 Faça a legenda das forças.
  - 1.1. Determine o trabalho realizado por cada uma das forças que actuam no objecto se ele se mover 1,20 m
  - 1.2. Determine o trabalho realizado pela resultante das forças que actuam no objecto se ele se mover 1,20 m.
  - 1.3. Sabendo que o objecto partiu de repouso e ao fim de 1,20 m o valor da velocidade adquirida é de 5,3 m/s, determine:
    - 1.3.1. a energia cinética;
    - 1.3.2. variação da energia cinética.
  - 1.4. Compare o valor obtido na questão 1.3 com o valor da questão 1.2. Que conclusão pode tirar.
2. Um automóvel teve uma avaria nos travões em que ficou com as rodas bloqueadas. O dono do carro mandou chamar o reboque, tendo a empresa contactada mandado para um local um reboque com um peso de 40 000 N. Depois de se ter atrelado, o carro, de 10 000 N, foi arrastado pelo reboque ao longo de um percurso rectilíneo de 2,0 km. O cabo do reboque puxa o carro com uma força  $\vec{F}$ , que tem um módulo de 5000 N, como representado na figura. A força atrito entre as rodas e o asfalto tem um valor de 1000N
- 
- 2.1. Determine a intensidade das componentes de  $\vec{F}$ .
  - 2.2. Represente todas as forças que actuam no carro, apresentando a respectiva escala.
  - 2.3. Calcule, para o deslocamento referido, o trabalho realizado por cada uma das forças.
  - 2.4. Determine o trabalho realizado pela resultante das forças que actuam no carro, para o deslocamento referido.
  - 2.5. Qual o valor da variação da energia cinética do carro, para o deslocamento referido.

Anexo A1 – Ficha de trabalho F 2.1 (2ª parte)

3. Um carro de 1200 kg deslocava-se numa estrada horizontal para a esquerda com velocidade de valor 90 km/h quando travou, reduzindo para 72 km/h ao longo do deslocamento de 22,5 m.
- 3.1. Qual a variação da energia cinética do carro, no SI?
- 3.2. Caracterize a força média exercida pelos travões.

4. Um caixote com 3 kg de massa move-se horizontalmente ao longo de 20 m para o lado direito e está sujeito à acção de várias forças, duas das quais estão representadas na figura: força 1 faz um ângulo de  $40^\circ$  com a horizontal e a força 2 é exercida para a esquerda, paralelamente ao chão, sendo as suas intensidades



$$F_1 = 150 \text{ N e } F_2 = 60 \text{ N.}$$

- 4.1. Determine o trabalho realizado por cada uma das forças aplicadas no caixote.
- 4.2. Ao iniciar o deslocamento de 20 m a caixa movia-se já com o valor de velocidade de 4m/s. Qual o valor da velocidade final da caixa.
- 4.3. Supondo que, no momento em que a velocidade tinha o valor de 4m/s, a força 1 deixava de actuar, que deslocamento iria sofrer a caixa até parar devido à acção da força 2?

Anexo A2 – Ficha de trabalho F 2.2 (1ª parte)

10º Ano  
Ano letivo 2013/2014

ROSÁRIO

Física e Química A

Ficha de trabalho

Física 2.2

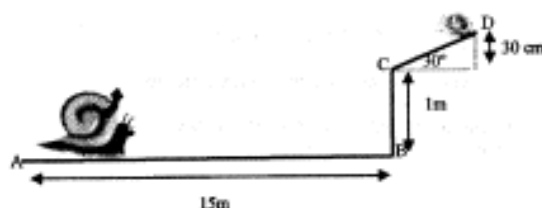
Data: Maio de 14

*Conteúdos:* Trabalho realizado por uma força constante; trabalho realizado por várias forças que actuam num sistema; Teorema da Energia Cinética; Conservação da energia mecânica.

1. Indique o valor lógico, verdadeiro ou falso, das seguintes proposições.

- (A) Num sistema mecânico não se pode desprezar a variação da energia interna.
- (B) A energia transferida para um corpo é máxima quando a força aplicada no corpo tem a mesma direcção e sentido do movimento.
- (C) A variação da energia cinética é sempre simétrica a variação da energia potencial gravítica.
- (D) O trabalho total realizado por uma força conservativa, que desloca uma partícula numa trajectória fechada, é sempre nulo.
- (E) Quando actuam apenas forças conservativas num sistema "corpo+Terra", altera-se a energia desse sistema.

2. Um caracol, de massa 10 g, desloca-se num trajecto cujo perfil se representa na figura. No deslocamento até à couve o caracol desenvolve uma força de intensidade 0,5 N, paralela ao trajecto.



2.1. Determine o trabalho realizado pelo caracol para se deslocar até à couve.

2.2. Determine o trabalho realizado pelo peso do caracol em todo o trajecto até à couve.

3. O Carlos puxa o carrinho, de massa 1,5Kg ao longo de uma superfície horizontal sem atrito. A força exercida pelo Carlos sobre o carrinho tem de intensidade 3,5 N e faz um ângulo de 53° com a vertical. O deslocamento, sofrido pelo carrinho, foi de 32m.

3.1. Represente, numa figura apropriada, todas as forças que actuam no carrinho com a respectiva legenda (tem atenção ao comprimento dos vectores).

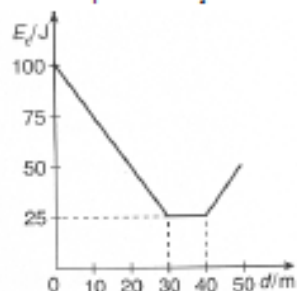
3.2. Represente na figura anterior as componentes da força  $\vec{F}$  que atua no carrinho e determine as respectivas intensidades.

3.3. Para o deslocamento referido, calcule o trabalho realizado pela resultante das forças aplicadas sobre o carrinho.

3.4. Considere, agora, que é aplicado uma força  $\vec{F}_2$  cuja direcção é paralela ao movimento com sentido da direita para a esquerda e de intensidade 3N. Indica em que sentido é que se desloca o carrinho.

Anexo A2 – Ficha de trabalho F 2.2 (2ª parte)

4. Na figura mostra-se o gráfico que traduz como varia a energia cinética de um corpo em função do seu deslocamento.



4.1. Seleccione a opção que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente.

A resultante das forças que actuam sobre o corpo durante os primeiros 30 m é ....(a).... e de intensidade....(b)....

- (A) potente...2,5 N                      (C) resistente ...2,5 N  
(B) potente ...2,5 J                      (D) resistente ...2,5 J

4.2. Das seguintes afirmações, indique a(s) verdadeira(s) e a(s) falsa(s)

- (A) O trabalho realizado pela resultante das forças que actuam sobre o corpo, durante os primeiros 30 m, é de 75 J.  
(B) Durante o percurso de 30 m a 40 m, a força resultante que actua sobre o corpo é nula.  
(C) O trabalho realizado pela resultante das forças que actuam sobre o corpo, durante o deslocamento de 40 m a 50 m, é motor e igual a 25 J.  
(D) A variação de energia cinética do corpo no deslocamento total de 50 m é de 50 J.

5. A energia transferida para um caixote ao ser arrastado 20,0 m, ao longo de uma superfície horizontal, por acção de uma força de intensidade 30,0 N, é igual a 480 J.

Considere o atrito entre a superfície do caixote em contacto com a de apoio desprezável.

5.1. Seleccione a alternativa que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

O trabalho realizado pela força que actua sobre o caixote é .....(a)..... e a intensidade da componente eficaz é igual a .....(b).....

- (A) ... potente ... 30,0 N                      (B) ... resistente ... 30,0 N  
(C) ... potente ... 24,0 N                      (D) ... resistente ... 24,0 N

5.2. Seleccione a opção que completa correctamente a frase seguinte.

A direcção da força aplicada ao caixote define com o deslocamento um ângulo de...

- (A) ... 0,000.    (B) ... 36,9°.    (C) ... 53,1°.    (D) ... 180°.

5.3. Seleccione a opção que completa correctamente a frase seguinte. A variação de energia mecânica do caixote é...

- (A) ... nula.    (B) ... 120J.    (C) ... 480J.    (D) ... 600J.

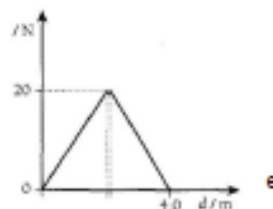
6. Um corpo, de massa 5,0 kg, que se encontra em repouso sobre uma superfície horizontal de atrito desprezável, é, num dado instante, submetido à acção de uma força  $F$ , de direcção constante, mas de intensidade variável, como se mostra no gráfico da figura.

6.1. Determine o trabalho realizado pela força durante o deslocamento de 4,0 m.

Apresente todas as etapas de resolução.

6.2. Seleccione a alternativa que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

Durante o deslocamento de 4,0 m, o trabalho realizado pelo peso do corpo é (a).... a intensidade média da força que sobre ele actua é (b).



- (A) ... 0J... 10N                      (B) ... 2,0 x 10<sup>2</sup>J... 10N                      (C) ... -2,0 x 10<sup>2</sup>J ... 5,0 N                      (D) ... 0J... 5,0 N

Anexo A2 – Ficha de trabalho F 2.2 (3ª parte)

6.3. Seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

O módulo da velocidade do corpo no instante em que percorreu 4,0 m é...

- (A) ... 16 m s<sup>-1</sup>      (B) ... 8,0 m s<sup>-1</sup>      (C) ... 4,0 m s<sup>-1</sup>.

7. Um corpo A tem o dobro da massa do corpo B e os dois deslocam-se com a mesma velocidade. A relação entre as energias cinéticas dos dois corpos é (escolha a opção correcta):

- (A)  $E_{cA} = E_{cB}$ ;    (B)  $E_{cA} = 2 E_{cB}$ ;    (C)  $E_{cA} = 4 E_{cB}$ ;    (D)  $2 E_{cA} = 4 E_{cB}$

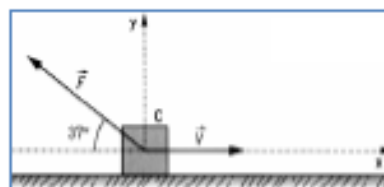
8. Um corpo A tem metade da massa do corpo B e desloca-se ao quádruplo da velocidade. A relação entre as energias cinéticas dos dois corpos é (escolhe a opção correcta):

- (A)  $E_{cA} = E_{cB}$     (B)  $E_{cA} = 2 E_{cB}$     (C)  $E_{cA} = 4 E_{cB}$     (D)  $E_{cA} = 8 E_{cB}$

9. Um corpo de C, de massa 2,0 kg, move-se sobre uma superfície horizontal com velocidade constante. Num dado

instante, aplica-se ao corpo C uma força  $\vec{F}$ , de 10 N, como indica a figura. Considere o atrito desprezável. Para o movimento de C, após a aplicação da força  $\vec{F}$ .

Determine o trabalho realizado pela força F ao longo dum deslocamento de 10 m.



10. Um corpo, de massa m, que se desloca com movimento de translação, encontra-se sobre a rampa AB, de atrito desprezável e de inclinação  $\alpha$

10.1. Represente, num esquema, as forças que actuam sobre o corpo.

10.2. Seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

O módulo da velocidade com que o corpo atinge a base do plano inclinado é

- (A) ... $\sqrt{g h}$ ;      (B) ... $g h$ ;    (C) ... $\sqrt{2g h}$ ;    (D) ...  $2 g h$

11. Uma caixa, de massa 3,8 kg e homogénea, encontra-se sobre uma superfície cuja inclinação se pode variar.

A intensidade da força de atrito entre a caixa e a superfície de apoio é suficiente para que a caixa não deslize e igual a 19,0 N.

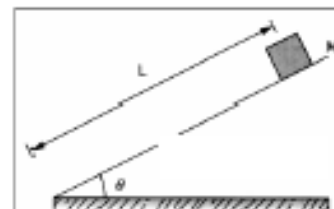
Determine a amplitude do ângulo  $\alpha$ .

Apresente todas as etapas de resolução.



12. Um bloco de massa M desliza uma distância L ao longo de um plano inclinado que faz um ângulo  $\theta$  com a horizontal. Podemos afirmar que a variação de energia cinética até à base do plano é:

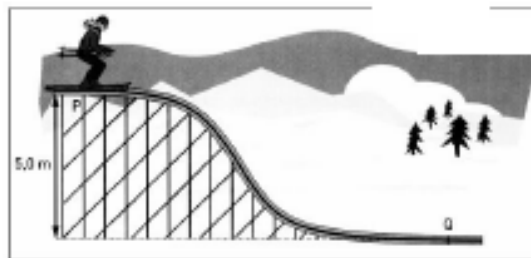
- (A)  $\Delta E_c = M g L \tan \theta$ ;    (B)  $\Delta E_c = M g L$   
 (C)  $\Delta E_c = M g L \cos \theta$ ;    (D)  $\Delta E_c = M g L \sin \theta$



13. Um esquiador de massa  $m = 70 \text{ kg}$  parte do repouso no ponto P e desce pela rampa representada na figura.

Suponha que as perdas de energia por atrito são desprezáveis. A energia cinética e o valor da velocidade do esquiador quando passa pelo ponto Q, 5,0 m abaixo do ponto P, são, respectivamente:

- (A) 3500 J e 15 m/s
- (B) 350 J e 15 m/s
- (C) 3500 mJ e 10 m/s
- (D) 3,5 kJ e 20 m/s
- (E) 3500 J e 10 m/s

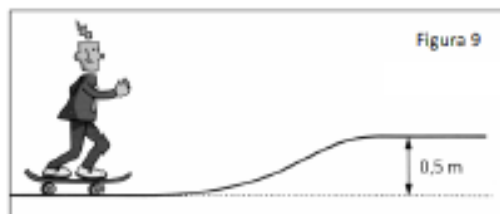


14. Para tentar vencer um desnível de 0,5 m entre duas calçadas planas e horizontais, um rapaz (de massa 50,0 kg)

Adquire, com o seu skate, 300 J de energia cinética

Considerando desprezáveis os atritos, pode-se concluir que nestas condições:

- (A) Consegue atingir a altura de 0,5 m, mas fica em repouso.
- (B) Não conseguirá ultrapassar o desnível.
- (C) Consegue ultrapassar o desnível e move-se com valor de energia cinética igual a 30,0 J.
- (D) consegue ultrapassar o desnível e move-se com valor de energia cinética igual a 50,0 J.

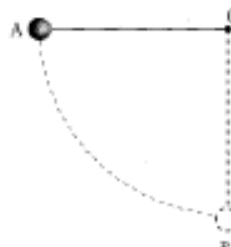


15. A figura representa uma esfera, de massa 2,0 kg, que está suspensa na extremidade de

um fio, inextensível e de massa desprezável, de comprimento 0,80 m. A outra extremidade do fio encontra-se fixa no ponto O.

Com o fio esticado, a esfera é abandonada na posição AO, a partir do repouso.

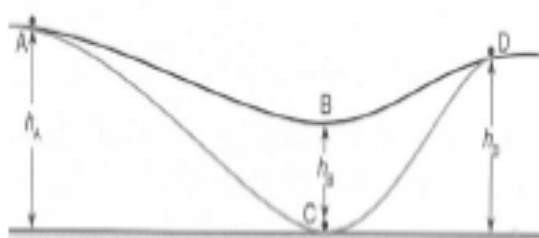
Considerando todas as forças dissipativas desprezáveis, determine, apresentando todas as etapas de resolução, o módulo da velocidade com que a esfera atinge a posição B.



FIM!



1. Um carrinho, de massa 10 kg, pode desloca-se ao longo de duas calhas, ABD ou ACD, de atrito desprezável, colocadas no plano vertical, cujos perfis estão representados na figura. O carrinho é abandonado na posição A, qualquer que seja a trajetória a descrever.



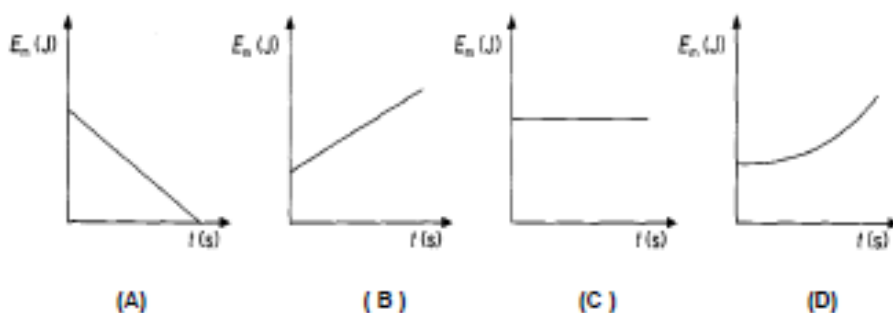
Posição A		
$E_c$ (J)	$E_p$ (J)	$E_m$ (J)
0	600	600

- 1.1. Das seguintes afirmações seleccione a correta:

- (A) O trabalho realizado pelo peso do carrinho entre as posições A e D ao percorrer a calha ABD é inferior ao realizado quando percorre a calha ACD.  
 (B) O valor da energia cinética do carrinho ao passar em B é inferior ao que apresenta ao passar em C.  
 (C) O trabalho realizado pela resultante das forças que atuam sobre o carrinho entre A e C é igual ao realizado entre A e B.  
 (D) O valor da energia mecânica do carrinho ao passar em B é superior, ao que apresenta ao passar em C.

- 1.2. Considerando que  $h_B = \frac{2}{3}h_A$ , calcule o módulo da velocidade do carrinho ao atingir o ponto B.  
 Apresente todas as etapas de resolução.

- 1.3. Seleccione o gráfico correspondente a variação da energia mecânica em função do tempo, no trajeto de A a D.



Anexo A3 – Ficha de trabalho F 2.3 (2ª parte)

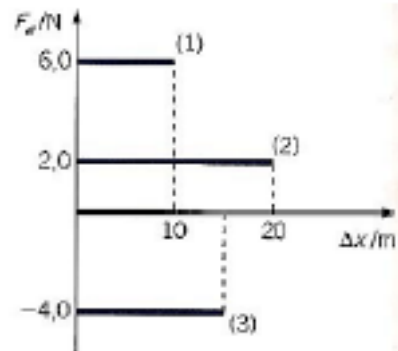
1.4. Admitindo que se pretende que o carrinho pare na posição D, conclua, justificando, qual deverá ser a relação entre as alturas do carrinho nas posições A e D,  $h_A$  e  $h_D$ , respetivamente .

1.5. Selecione a alternativa que permite calcular corretamente o módulo da velocidade do carrinho no ponto C da trajetória descrita.

- (A)  $\sqrt{gh_A}$  ; (B)  $\frac{\sqrt{gh_A}}{2}$  ; (C)  $g\sqrt{h_A}$  ; (D)  $\sqrt{2gh_A}$

(ver critérios de classificação do teste de junho de 2012, grupo v)

2. Observe o gráfico que traduz a variação das componentes eficazes de três forças constantes,  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  e  $\vec{F}_3$  que atuam sobre um corpo, em função do deslocamento.



2.1. Calcule o trabalho total realizado pelas três forças durante os percursos indicados na figura. ( 40J )

2.2. Supondo que a força não é paralela ao deslocamento, calcule o ângulo entre a força  $\vec{F}_1$  e a direção e o sentido do movimento, sabendo que a intensidade da força é de 10 N. ( 63,1° )

3. Um calxote é puxado ao longo de uma superfície horizontal com atrito, por ação de uma força de módulo 200 N e que faz um ângulo de 60° com a vertical. Num deslocamento de 8,0 m, o aumento de energia mecânica do calxote foi de  $1,25 \times 10^3$  J.

3.1. Represente o diagrama de forças, à escala, que atuam no corpo livre do sistema.

3.2. Calcule a intensidade da força de atrito existente entre o calxote e a superfície de contacto ( 17 N )

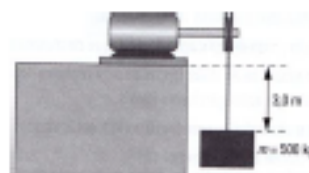
4. Uma caixa de massa 10 kg desloca-se da esquerda para a direita por ação de uma força  $\vec{F}$  que faz um ângulo de 45° com a direção do deslocamento e tem módulo 100 N. O módulo da força de atrito é metade do módulo de  $\vec{F}$ .

4.1. Calcule o módulo da componente eficaz da força  $\vec{F}$ , o módulo da componente vertical desta força e represente com uma escala correta, todas as forças aplicadas. ( 70,7 N )

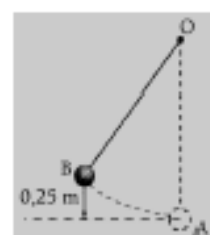
4.2. Calcule o trabalho da resultante das forças quando o bloco se desloca de 2,00 m. ( 41,4 J )

Anexo A3 – Ficha de trabalho F 2.3 (3ª parte)

5. Um motor é utilizado para elevar um contentor de massa 500 kg, com velocidade constante, 5 m acima do solo, fazendo-o em 10 s. Qual deverá ser a potência deste motor elétrico sabendo que o seu rendimento é de 90 %. ( 2 800 W )



6. A figura representa um corpo esférico, de massa 60,0 g, suspenso num fio de massa desprezável e de comprimento  $\ell$  igual a 1,00 m, que é afastado da sua posição de equilíbrio, A, para a posição B. De seguida, o corpo é libertado, passando a descrever um movimento oscilatório. Considere o raio da esfera desprezável em relação ao comprimento do fio e a posição A como o nível de referência de energia potencial nula.



- 6.1. Seleccione a alternativa que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respetivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

O trabalho realizado pelo peso da esfera ao deslocar-se de B para A é igual a —(a)— e a variação da sua energia cinética é igual a —(b)—

- (A)...  $1,50 \times 10^3 \text{ J}$ ...  $1,50 \times 10^3 \text{ J}$   
 (B)...  $-1,50 \times 10^3 \text{ J}$ ...  $1,50 \times 10^3 \text{ J}$   
 (C)...  $-1,50 \times 10^{-1} \text{ J}$ ...  $1,50 \times 10^{-1} \text{ J}$   
 (D)...  $1,50 \times 10^{-1} \text{ J}$ ...  $1,50 \times 10^{-1} \text{ J}$

- 6.2. Calcule o módulo da velocidade do corpo quando este passa na posição A.

Apresente todas as etapas de resolução. ( 2,24 m/s )

7. Um caixote inicialmente em repouso é arrastado sobre uma superfície horizontal ao longo de 15 m, por ação de uma força constante de intensidade 60 N. A energia transferida para o caixote devido à ação da força é de 780 J.

- 7.1. Determine, apresentando todas as etapas de resolução, o ângulo definido pela força e pelo deslocamento do caixote. (  $30^\circ$  )

- 7.2. Seleccione a alternativa que contém a expressão que permite calcular o módulo da velocidade,  $v$ , do bloco, durante o deslocamento, em função da sua massa,  $m$ , sabendo que a força de atrito que se manifesta entre as superfícies em contacto é de 8,0 N.

- (A)  $v = \frac{1320}{m}$ ; (B)  $v = \sqrt{\frac{1320}{m}}$ ; (C)  $v = \frac{\sqrt{1320}}{m}$ ; (D)  $v = m \sqrt{1320}$

Anexo A3 – Ficha de trabalho F 2.3 (4ª parte)

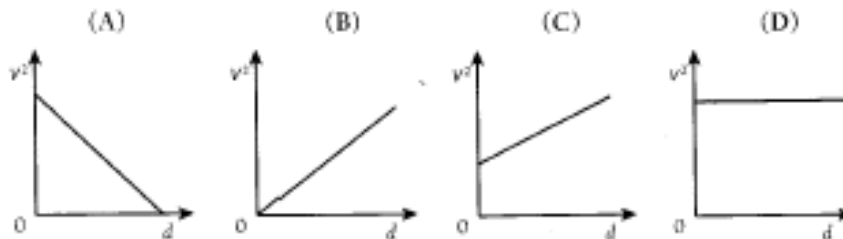
8. Do cimo de uma colina sobre o mar, a altura  $h$ , foi lançada horizontalmente uma pedra com velocidade de módulo  $v_0$ .

8.1. Seleccione a alternativa que completa corretamente a frase seguinte.

Considerando desprezável a resistência do ar, o módulo da velocidade com que a pedra atinge a água do mar é...

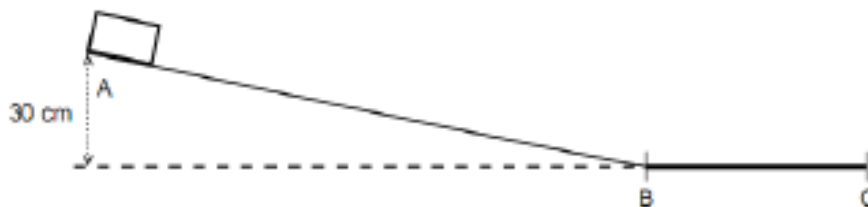
- (A) ... $v_0$ ; (B) ... $\sqrt{v_0^2 + 2gh}$ ; (C)  $\sqrt{2gh}$ ; (D)  $2gh$ .

8.2. Seleccione o gráfico que pode traduzir a variação do quadrado da velocidade da pedra,  $v^2$ , em função da distância,  $d$ , ao ponto de lançamento.



9. Nos seus estudos sobre o movimento dos corpos, para além da experiência descrita no texto, Galileu terá idealizado outras, utilizando planos inclinados.

Analogamente, é habitual usar, nos laboratórios das escolas, calhas para o estudo dos movimentos.



A figura representa uma calha, inclinada entre os pontos A e B, que termina num troço horizontal BC. O desnível entre o ponto A e o troço horizontal é de 30 cm.

Um bloco, de massa 100 g, colocado no ponto A, desliza ao longo da calha, atingindo o ponto C com velocidade nula. Entre os pontos A e B considera-se desprezável o atrito. Entre os pontos B e C a superfície da calha é rugosa e, por isso, passa a atuar sobre o bloco uma força de atrito de intensidade constante.

9.1. Seleccione a alternativa que contém o valor do módulo da velocidade com que o bloco atinge o ponto B

- (A) 6,00 m/s; (B) 3,00 m/s; (C) 2,45 m/s; (D) 1,50 m/s

9.2. Calcule o trabalho realizado pela força de atrito entre os pontos B e C.

Apresente todas as etapas de resolução. (- 0,30 J)

FIM!

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

### Questões-problema

Um carro encontra-se parado no topo 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?

### Objeto de ensino

- Velocidade Instantânea
- Energia cinética

### Objetivos de aprendizagem

- ✓ Determinar velocidades em diferentes pontos de um percurso
- ✓ Calcular valores da energia cinética

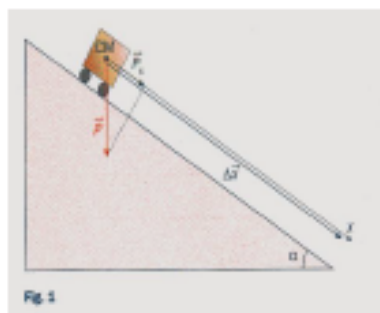
### Fundamento teórico da experiência

Um corpo que se move ao longo de um plano inclinado (ou rampa) tem energia cinética.

A energia cinética de translação está associada ao movimento de translação do corpo.

Os fatores de que depende a energia cinética de translação são:

- a massa ( $m$ ) do corpo;
- a velocidade ( $v$ ) atingida pelo movimento do corpo.



O trabalho realizado pela resultante das forças que atuam no centro de massa do corpo em movimento de translação é igual à variação da energia cinética no intervalo de tempo durante o qual as forças atuam:

$$W_{R_f} = \Delta E_{c(3x)}$$

Considera um carrinho que desce uma rampa ou plano inclinado (fig.1).

O carrinho move-se apenas sob a ação do seu peso ( $\vec{P}$ ). A força do atrito considera-se desprezável.

A força responsável pelo movimento do carrinho é  $\vec{P}_x$ : a componente do peso na direção do eixo dos  $xx$ . O deslocamento do ponto de aplicação de  $\vec{P}_x$  é  $\Delta x$ .

## Anexo A4 – Guião da atividade prática laboratorial APL F 2.1 (2ª parte)

O trabalho realizado pela força  $\vec{P}_x$  no deslocamento  $\Delta x$  mede a variação da energia cinética de translação do centro de massa do carrinho.

Quando o carrinho desce o plano inclinado (rampa), a força  $\vec{P}_x$  realiza trabalho positivo. Por isso, aumenta a energia cinética de translação e aumenta a velocidade instantânea, mantendo-se constante a massa do carrinho.

Num intervalo de tempo muito curto, considera-se que a velocidade instantânea coincide com a velocidade média, cujo valor se calcula:  $V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  Sendo:

$V_m$  - O valor da velocidade média

$\Delta x$  - o valor do deslocamento do ponto de aplicação de  $\vec{P}_x$

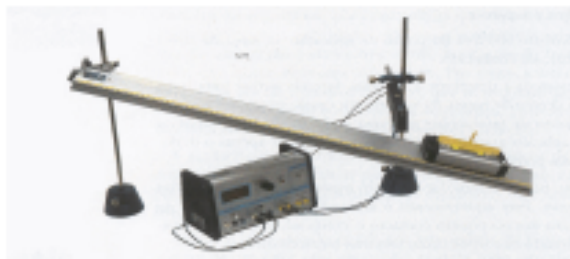
$\Delta t$  - o intervalo de tempo

Os dados obtidos experimentalmente permitem concluir que existe uma relação entre os valores da energia cinética de translação e a distância percorrida pelo carrinho ao longo do plano inclinado.

### Material e equipamento

- Plano inclinado com atrito desprezável
- Carrinho
- digitmetro + célula fotoelétrica

### Montagem



### Modo de proceder

- Ler as instruções de funcionamento do digitmetro e da célula para poder realizar as ligações elétricas entre eles, o que permitirá ler o intervalo de tempo  $\Delta t$ , durante o qual o feixe de luz permanece interrompido pela passagem de um certo comprimento  $d$  da cartolina opaca.
- Realizar o número de ensaios previamente decidido.
- Ler e registar o valor de  $\Delta t$  para cada um dos ensaios.
- Construir as tabelas adequadas ao cálculo da posição do carrinho e da velocidade nessa posição.
- Em todos os ensaios a realizar o carro deverá ser largado da mesma posição inicial, com o cuidado de não lhe imprimir velocidade inicial.
- As células fotoelétricas deverão ser colocadas a diferentes distâncias ( $d$ ) do ponto de partida.
- A tira de cartolina, montada no carro, responsável pela interrupção da luz na célula, deve ser previamente medida.

### Pré-Laboratorial:

Indique quais as grandezas a medir diretamente, os possíveis erros que as afetam e o modo de as minimizar.

### AL 2.3 - O atrito e a variação da energia mecânica

#### Questão problema

*Pretende-se projetar:*

- *Uma rampa para fazer deslizar materiais de construção, de uma certa altura para o interior de um camião;*
- *Um escorrega que permita a uma criança deslizar com facilidade, mas que a force a parar na parte final, antes de sair.*

*Que materiais poderão ser utilizados nas superfícies de cada rampa?*

#### Objetivo

- Relacionar a variação de energia mecânica de um sistema com o trabalho realizado por forças de atrito.
- Explicar que as forças de atrito resultam de interações entre as superfícies em contacto.
- Identificar o coeficiente de atrito cinético como uma característica de dois materiais em contacto, em movimento relativo.
- Relacionar a força de atrito com o coeficiente de atrito cinético e a compressão exercida na superfície de deslizamento.
- Identificar situações do dia a dia em que o atrito é vantajoso ou prejudicial.

#### Objetivos de aprendizagem

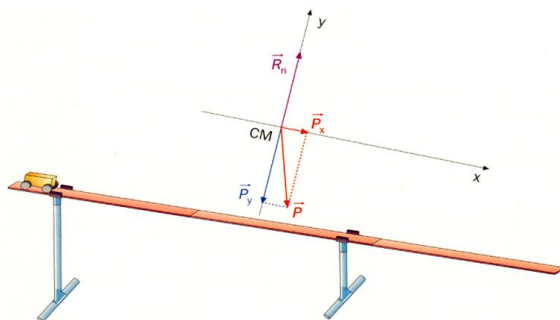
Esta atividade permitirá ao aluno saber:

- Medir valores de velocidades
- Relacionar a variação de energia mecânica de um sistema com o trabalho realizado por forças de atrito
- Explicar que as forças de atrito resultam de interações entre as superfícies em contacto
- Identificar o coeficiente de atrito cinético como uma característica de dois materiais em contacto, em movimento relativo
- Relacionar a força de atrito com o coeficiente de atrito cinético e a compressão exercida na superfície de deslizamento
- Identificar situações do dia a dia em que o atrito é vantajoso ou prejudicial

### Fundamento teórico da experiência

Considera um bloco, inicialmente, em repouso.

Faz-se deslizar este bloco ao longo de uma calha com uma determinada inclinação.



O centro de massa (CM) do bloco está sujeito à ação de forças:

- peso do bloco ( $\vec{P}$ )
- reação normal do plano ( $\vec{R}_n$ )
- força de atrito ( $\vec{F}_a$ )

O trabalho realizado pela resultante das forças que atuam no centro de massa do bloco ( $\vec{W}_{\vec{F}_r}$ ) pode ser avaliado através da variação da energia cinética do sistema:

$$\vec{W}_{\vec{F}_r} = \Delta E_{c \text{ (CM)}}$$

No entanto, este sistema está sujeito à ação de forças conservativas (peso do bloco) e forças não conservativas (força de atrito).

Logo

$$W_{\text{Forc.}} + W_{\text{Forc. não cons.}} = \Delta E_{c \text{ (CM)}}$$

Como o trabalho realizado pelas forças conservativas é simétrico da variação da energia potencial gravítica, pode-se escrever:

$$W_{\text{Forc. não cons.}} = \Delta E_{c \text{ (CM)}} + \Delta E_{p\text{grav. (CM)}}$$

Como

$$\Delta E_{c \text{ (CM)}} + \Delta E_{p\text{grav. (CM)}} = \Delta E_m$$

obtém-se

$$W_{\text{Forc. não cons.}} = \Delta E_m$$

Assim, a força não conservativa (força de atrito) é a força responsável pela variação da energia mecânica do bloco.

Isto é, há dissipação de energia por efeito da força de atrito.



## Anexo A5 – Guião da atividade prática laboratorial APL F 2.3 (3ª parte)

As forças de atrito resultam da interação entre as superfícies em contacto. Estas forças estão relacionadas com uma grandeza que se designa **coeficiente de atrito cinético**.

É uma propriedade característica de dois materiais em contacto e em movimento relativo.

O coeficiente de atrito cinético é tanto menor, quanto menor for a intensidade da força de atrito.

Pode determinar-se a intensidade da força de atrito através da expressão matemática:

$$F_a \times |\Delta r| \times \cos \alpha = \Delta E_{C(CM)} + \Delta E_{pgrav.}, \text{ sendo } \alpha = 180^\circ \Rightarrow -F_a \times |\Delta r| = \Delta E_{C(CM)} + \Delta E_{pgrav.}$$

Para isso, é necessário saber:

- O módulo do deslocamento do centro de massa do bloco ao longo da calha ( $\Delta r$ );
- a variação da energia cinética do centro de massa ( $\Delta E_{C(CM)}$ )
- a variação da energia potencial gravítica do centro de massa ( $\Delta E_{pgrav.}$ )

A variação da energia cinética determina-se a partir dos valores da velocidade inicial e final do bloco, quando passa através de uma célula fotoelétrica:

$$\Delta E_C = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2)$$

Como o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) é muito curto, estes valores coincidem com os valores da velocidade média ( $v_m$ ).

Poder-se-ão determinar através do quociente:  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ , em que:

$\Delta X$  = comprimento da tira de cartolina que se encontra em cima do bloco.

$\Delta t$  = intervalo de tempo que a tira de cartolina que se encontra em cima do bloco demora a passar pela célula fotoelétrica (é lido num digitímetro).

- A variação da energia potencial gravítica determina-se, sabendo a altura a que se encontra inicialmente o bloco ( $h_i$ ) e a altura final ( $h_f$ ):

$$\Delta E_{pgrav.} = m g (h_f - h_i) \quad \text{sendo } g = 10 \text{ m s}^{-2}$$

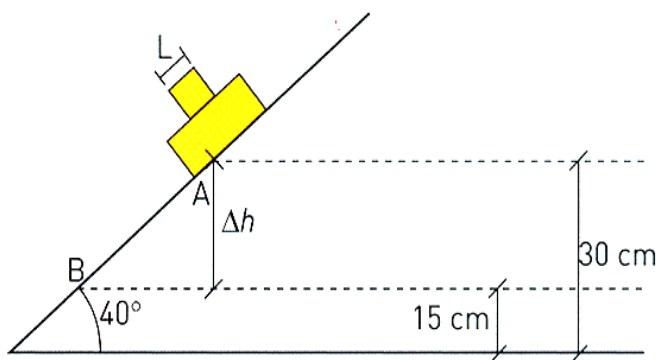
### A EXPERIÊNCIA

Foi montada uma rampa com a inclinação de  $40^\circ$ .

Abandonou-se o bloco no ponto A e mediu-se a velocidade com que ele chegou ao ponto B. A célula fotoelétrica, ligada ao digitímetro, foi montada não muito perto da extremidade da rampa, para que o ressalto do bloco não influenciasse a medida

**MATERIAL E EQUIPAMENTO**

- balança
- calha metálica
- bloco revestido de mater diferentes
- célula fotoelétrica
- Digitímetro
- Cartolina preta
- Fita métrica



Sobre o bloco, e a meio, foi colocada uma tira de cartolina preta, de largura 7,0 mm , cuja função era interromper o feixe de luz proveniente da célula fotoelétrica.

**Os resultados de uma experiência.**

Dados:

$\alpha = 40^\circ ; \quad \Delta h = 30 \text{ cm} ; \quad m_{\text{bloco}} = 134 \text{ g} ; \quad L = 7,0 \text{ mm}$

- Rampa de madeira -bloco de madeira

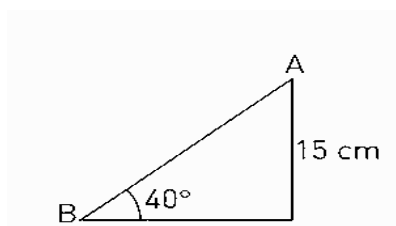
$\Delta t / \text{ms}$	4,6	4,7	4,6	4,6	4,7	4,6
$\langle \Delta t \rangle / \text{ms}$	4,6					

$$v_B = \frac{L}{\Delta t} = 1,5 \text{ m s}^{-1}$$

$$E_m (A) = m g h_A = 0,394 \text{ J}$$

$$E_m (B) = m g h_B + \frac{1}{2} m v_B^2 = 0,347 \text{ J}$$

$$\Delta E_m = W_{F_a} = - 4,7 \times 10^{-2} \text{ J}$$



Os atritos fizeram reduzir a energia mecânica aproximadamente 12%, num percurso d:

num percurso  $d$  :

$$\sin 40^\circ = \frac{15}{d} \Rightarrow d = 23,3 \text{ m} .$$

## Anexo A5 – Guião da atividade prática laboratorial APL F 2.3 (5ª parte)

- **Rampa de madeira -bloco de feltro**

$\Delta t / \text{ms}$	5,7	5,6	5,5	5,7	5,5
$\langle \Delta t \rangle / \text{ms}$	5,6				

$$v_B = \frac{L}{\Delta t} = 1,25 \text{ m s}^{-1}$$

$$E_{\text{m}} (A) = m g h_A = 0,397 \text{ J}$$

$$E_{\text{m}} (B) = m g h_B + \frac{1}{2} m v_B^2 = 0,302 \text{ J}$$

$$\Delta E_{\text{m}} = W_{f_a} = -9,2 \times 10^{-2} \text{ J}$$

Os atritos fizeram reduzir a energia mecânica aproximadamente 23%, num percurso igual ao do ensaio anterior.

Com a face do bloco de feltro deslizando sobre fôrnica, numa rampa de 30° de inclinação, obteve-se cerca de 90% de energia dissipada.

### Conclusão

Quando se faz deslizar o mesmo corpo, mas revestido com materiais diferentes, sobre um plano inclinado, com a mesma inclinação, conclui-se que quanto menor for o coeficiente de atrito, menor é a intensidade da força de atrito logo menor é a variação da energia mecânica.

FIM!

**AL 2.1. – Energia cinética ao longo de um plano inclinado – consolidação**

1. Um grupo de alunos pretende estabelecer, experimentalmente uma relação entre a distância percorrida por um corpo, ao longo de um plano inclinado, e o valor da sua energia cinética, entretanto adquirida. Os alunos utilizaram o equipamento que a escola dispõe: uma calha de ar (que minimiza o efeito do atrito) colocada com uma inclinação  $\alpha$  em relação ao tempo da mesa de trabalho, um copo de massa 142,2 g (que desliza ao longo da calha), dois sensores colocados sobre a calha à distância de 3,00 cm um do outro. Cada um dos sensores está ligado a um cronómetro digital. Os dois cronómetros são ligados, simultaneamente, no instante em que o corpo inicia o seu movimento ao longo da calha. O corpo é abandonado, sem velocidade inicial, e os sensores são deslocados para diferentes posições ao longo da calha. Os valores medidos, e outros calculados, estão registados na tabela X.

**Tabela X**

$\alpha / ^\circ$	$x_1 / \text{m}$	$x_2 / \text{m}$	$t_1 / \text{s}$	$t_2 / \text{s}$	$\Delta t / \text{s}$	$v_m / \text{ms}^{-1}$
2,0	0,1500	0,1800	0,9610	1,0504	0,0894	0,3356
	0,3000	0,3300	1,3523	1,4171	0,0648	0,4630
	0,4500	0,4800	1,6462	1,6996	0,0534	0,5618
	0,6000	0,6300	1,9144	1,9610	0,0467	0,6424
	0,7500	0,7800	2,1216	2,1634	0,0419	0,7160
4,0	0,1500	0,1800	0,6743	0,7375	0,0632	0,4747
	0,3000	0,3300	0,9499	0,9956	0,0458	0,6550
	0,4500	0,4800	1,1592	1,1969	0,0378	0,7937
	0,6000	0,6300	1,3364	1,3694	0,0330	0,9091
	0,7500	0,7800	1,4934	1,5230	0,0296	1,0135

Atendendo a que a distância entre os sensores é pequena, os valores calculados para a velocidade média podem ser considerados como valores de velocidade instantânea.

Os alunos repetiram a experiência, com o mesmo corpo, mas com valores de inclinação da calha de  $\alpha=6,0^\circ$  e  $\alpha=7,0^\circ$ . Utilizaram um programa informático, inseriram os valores medidos, realizaram os cálculos necessários e obtiveram os gráficos A, B, C e D, representados na figura abaixo. Os gráficos descrevem como varia o módulo da velocidade  $v$ , do corpo, em função do tempo  $t$  do movimento.

- 1.1 Os aparelhos de medida utilizados pelos alunos foram: uma régua cuja menor divisão é 1 mm, dois cronómetros digitais com sensibilidade  $10^{-4}$  s e uma balança digital de sensibilidade 0,1 g.  
Escreva os valores experimentais medidos pelos alunos, tendo em conta o respectivo erro de leitura...
- 1.1.1 – da massa do corpo.  
1.1.2 – do instante  $t = 1,0504$  s.  
1.1.3 – da posição  $x = 0,4500$  m

Anexo A6 – Ficha de consolidação da atividade prática laboratorial APL F 2.1 (2ª parte)

1.2 Justifique as respostas aos itens 1.1.1, 1.1.2 e 1.1.3.

1.3 Qual das retas A, B, C ou D, dos gráficos da figura acima, traduz como varia o valor da velocidade do corpo com o tempo do movimento, quando...

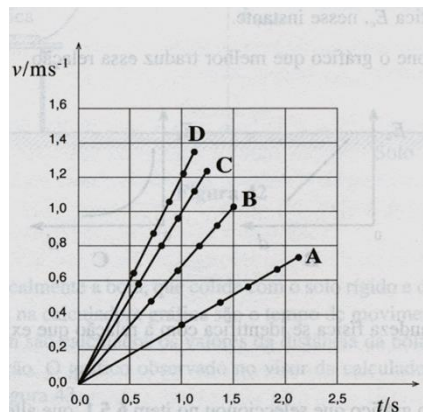
1.3.1 – o ângulo de inclinação da calha é  $6^\circ$ ?

1.3.2 – o ângulo de inclinação da calha é  $7^\circ$ ?

1.4 Considere a reta D dos gráficos da mesma figura.

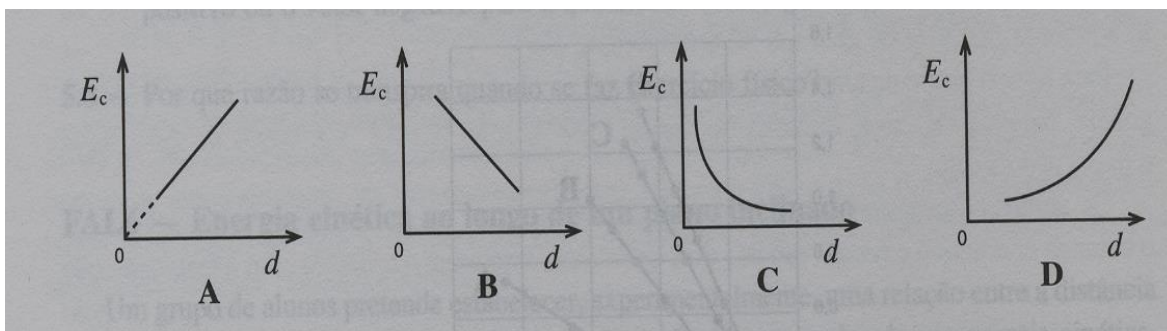
1.4.1 – Que grandeza física representa o declive dessa reta?

1.4.2 - Calcule o valor aproximado do declive dessa reta, exprimindo-o na unidade que corresponde à grandeza física que traduz.



1.5 Analise os dados registados na tabela X, efetue os cálculos necessários e conclua que relação existe entre a distância  $d$ , percorrida pelo corpo ao longo da calha, e o valor da sua energia cinética  $E_c$ , nesse instante.

1.5.1 - Selecione o gráfico que melhor traduz essa relação.



1.5.2 - Que grandeza física se identifica com a relação que existe entre  $d$  e  $E_c$ ? Justifique.

1.6 Relativamente ao gráfico que selecionou no item 1.5.1, que alterações prevê se repetir a experiência e utilizar:

1.6.1 – um outro corpo de massa 71,1 g?

1.6.2 – O mesmo corpo, de massa 142,2 g, mas que em vez de abandonado sem velocidade inicial, for agora lançado sobre a calha com velocidade inicial não nula?

**A.P.L. 2.3. “O atrito e a variação da energia mecânica”.**

Um grupo de alunos pretende projetar uma rampa para fazer deslizar diferentes embalagens, de uma certa altura, para um camião. Para selecionar os materiais a utilizar, os alunos reuniram valores de coeficientes de atrito cinético  $\mu_c$ , para diferentes pares de materiais. Alguns desses valores estão registados na tabela I.

Superfícies em contacto	$\mu_c$
Aço / aço	0,57
Aço / alumínio	0,47
Aço / cobre	0,36
Aço / gelo	0,06
Aço / teflon	0,04
Borracha / asfalto	0,70 a 0,90
Borracha / betão	0,80
Madeira / cabedal	0,40
Madeira / madeira	0,24 a 0,50
Vidro / vidro	0,40

Tabela I

Após discutirem o assunto, os alunos concluíram que para corpos com igual massa, a força de atrito depende diretamente do coeficiente de atrito cinético, e que para o mesmo par de materiais a força de atrito é diretamente proporcional à força de compressão exercida na superfície de deslizamento.

Para testarem diferentes materiais, montaram uma prancha, com um certa inclinação em relação à direção horizontal, e sobre ela colocaram um bloco de madeira, com faces revestidas de materiais diferentes, que desceu a rampa a partir do repouso. Fixaram à prancha duas células fotoelétricas, a uma dada distância uma da outra, que foram ligadas a um digitímetro. Registaram os valores das medições feitas e calcularam os valores da velocidade do movimento do bloco sobre a prancha.

Os alunos repetiram a experiência, alterando de cada vez um fator:

- Usaram uma das outras faces do mesmo bloco,
- Variaram a inclinação da prancha em relação à direção horizontal,
- Substituíram o bloco por outro de massa dupla do primeiro.

1.1. Desenhe o diagrama de forças que atuam sobre o bloco quando desce ao longo da prancha. Tenha em atenção o tamanho relativo dos vetores. Faça a legenda.

1.2. Das forças que representou no diagrama do item 1.1 quais são...

1.2.1. Conservativas? Justifique.

1.2.2. Não conservativas? Justifique.

1.3. Como interpreta a existência de forças de atrito entre o bloco e a superfície da prancha?

Anexo A7 – Ficha de consolidação da atividade prática laboratorial APL F 2.3 (2ª parte)

1.4. Escreva um texto onde descreva situações do dia a dia em que:

- É vantajoso eliminar o efeito do atrito.
- Esse efeito é indispensável.

Justifique as situações descritas, selecionando os pares de materiais (que constam na tabela I) mais adequados.

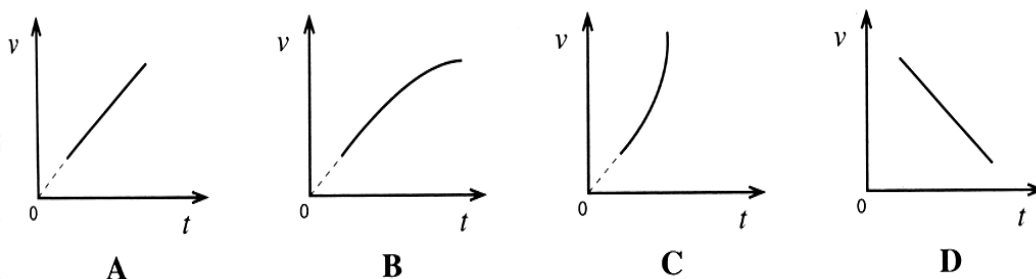
1.5. Pretende-se colocar embalagens revestidas com aço num camião, usando uma rampa para as fazer deslizar. Consulte a tabela I e selecione o material mais adequado para revestir a rampa, de modo a que desçam lentamente e em segurança. Justifique a sua opção.

1.6. Os alunos realizaram vários ensaios com a finalidade de medir a variação da energia mecânica de um bloco de madeira quando desliza ao longo de uma prancha inclinada em relação à direção horizontal.

1.6.1. Quais foram as grandezas físicas que os alunos tiveram que medir diretamente?

1.6.2. Após o cálculo dos valores da velocidade do bloco ao longo do plano inclinado, os alunos construíram o gráfico  $v = f(t)$ .

Dos gráficos que se seguem selecione o que mais se aproxima do correto.



1.6.3. Descreva como é que, a partir dos dados experimentais recolhidos pelos alunos, se pode medir a variação da energia mecânica entre o topo e a base do (plano inclinado).

1.7. Estabeleça a relação que existe entre a variação da energia mecânica do bloco e a força de atrito entre as superfícies em contacto.

1.8. Os alunos, depois de obterem experimentalmente um valor para o módulo da variação da energia mecânica do bloco  $|\Delta E_m|$ .

1.8.1. Aumentaram o declive do plano inclinado.  $|\Delta E_m|$  tornou-se maior ou menor? Justifique.

1.8.2. Substituíram o bloco por outro do mesmo material, mas com massa dupla do primeiro e mantiveram o declive do plano inclinado.  $|\Delta E_m|$  tornou-se maior ou menor? Justifique.

FIM!

Anexo B1 – Certidão de conclusão do curso em Física – Ramo Educacional

## CERTIDÃO

Face aos respectivos registos, certifico que o aluno abaixo identificado, concluiu em 15/11/2000, com a classificação final de 13 (treze) valores o curso indicado.

ALUNO: Eduardo Paulo da Silva Santos,  
FILIAÇÃO: Joaquim Domingos Ferreira dos Santos,  
          Maria da Piedade Machado da Silva,  
DATA NASCIMENTO: 13/7/71      NACIONALIDADE: Portuguesa  
BILHETE IDENTIDADE nº 9983415 EMITIDO EM 3/08/1999 ARQ. Porto  
NATURALIDADE: Alemanha,  
  
MATRICULADO EM: 29/09/1993  
CURSO: Física - Ramo Educacional

Nos termos do artigo 13º da Lei nº 46/86 de 14/10, é-lhe conferido o grau de Licenciado  
A respectiva carta de curso já foi requerida, tendo sido pagas todas as despesas inerentes.

A presente, vai autenticada com o selo branco da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, e contém uma folha(s).

Faculdade de Ciências do Porto, 15 de Dezembro de 2000

O Director de Serviços Académicos e Pessoal

  
José Rodrigues da Rocha



Anexo B2 – Certificado de conclusão de uma Pós Graduação em Desenvolvimento Social e Humano



CATÓLICA PORTO  
EDUCAÇÃO E PSICOLOGIA

CERTIFICADO

O Diretor da Faculdade de Educação e Psicologia da Universidade Católica Portuguesa certifica, para os devidos efeitos que **Eduardo Paulo da Silva Santos**, portador do documento de identificação nº 9983415, com data de validade de 2018-06-10, concluiu nesta Faculdade em 2013-03-02, a **Pós Graduação em Desenvolvimento Social e Humano**, com a classificação final de **18 (Dezoito) valores**, tendo obtido as seguintes classificações em cada Unidade Curricular:

Unidade Curricular	Período	Ano Letivo	Nota	ECTS	Classificação
Investigação-Ação	Anual	2011/12	17	8	Aprovado
Conhecimento do Mundo (I)	Anual	2011/12	17	8	Aprovado
Fundamentos da Educação	Anual	2011/12	18	8	Aprovado
Seminário de Projecto em Desenvolvimento Social e Humano	Anual	2011/12	17	14	Aprovado
Conhecimento da Escola	Anual	2011/12	18	6	Aprovado
Conhecimento da Pessoa	Anual	2011/12	19	8	Aprovado
Conhecimento do Mundo (II)	Anual	2011/12	17	8	Aprovado


Por ser verdade, foi passado este certificado que vai ser por mim assinado e autenticado com o selo branco desta Universidade.

Porto, 20 de Junho de 2013

O Diretor da Faculdade de Educação e Psicologia

Professor Doutor António Fonseca

Anexo B3 – Certificado de Formação do Curso “Comunicação de informação a curtas e longas distâncias



## Certificado de Formação

Declara-se que o(a) D. (º) Eduardo Paulo da Silva Santos

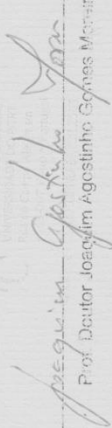
portador(a) do B.I. n.º 9983415, frequentou com aproveitamento o Curso de Formação “*Comunicação de informação a curtas e longas distâncias*”, com a classificação de **9 valores** (numa escala de 0 a 10 valores). Este curso com a duração de 25 horas, que decorreu no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, de 20 de Outubro a 24 de Novembro de 2009, está acreditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua com 1 crédito, correspondendo-lhe o registo CCPFC/ACC-55212/09, conforme o certificado datado de 21 de Janeiro de 2009.

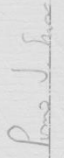
Para efeitos de aplicação do n.º 3 do artigo 14.º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, o presente curso releva para a progressão na carreira de Professores do Grupo 510.

O curso foi leccionado pelos Formadores: Prof. Dr. Joaquim Agostinho Gomes Moreira (registo CCPFC/RFO-09799/09), Prof. Dr. Paulo Vicente da Silva Marques (registo CCPFC/RFO-10475/01), Prof. Dr. Manuel Joaquim Bastos Marques (registo CCPFC/RFO-2464/97) e Prof. Dr. Abílio de Jesus Monteiro Almeida (registo CCPFC/RFO-25060/00).

Porto, 2 de Dezembro de 2009

O Responsável pelo Curso de Formação: \_\_\_\_\_  
O Director da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto: \_\_\_\_\_

  
Prof. Doutor Joaquim Agostinho Gomes Moreira

  
Prof. Doutor Paulo Vicente da Silva

## AÇÕES DE FORMAÇÃO

Anexo C1 – Certificado de presença na formação Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências organizado pelo Departamento de Metodologias da Educação da Universidade do Minho

### *TRABALHO PRÁTICO E EXPERIMENTAL NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*

## *Certificado*

*Declara-se que Eduardo Paulo da Silva Santos  
participou no Congresso subordinado ao tema **Trabalho  
Prático e Experimental na Educação em  
Ciências**, o qual decorreu na Universidade do Minho,  
em Braga, nos dias 22, 23 e 24 de Março de 2000.*



Departamento de  
Metodologias da Educação

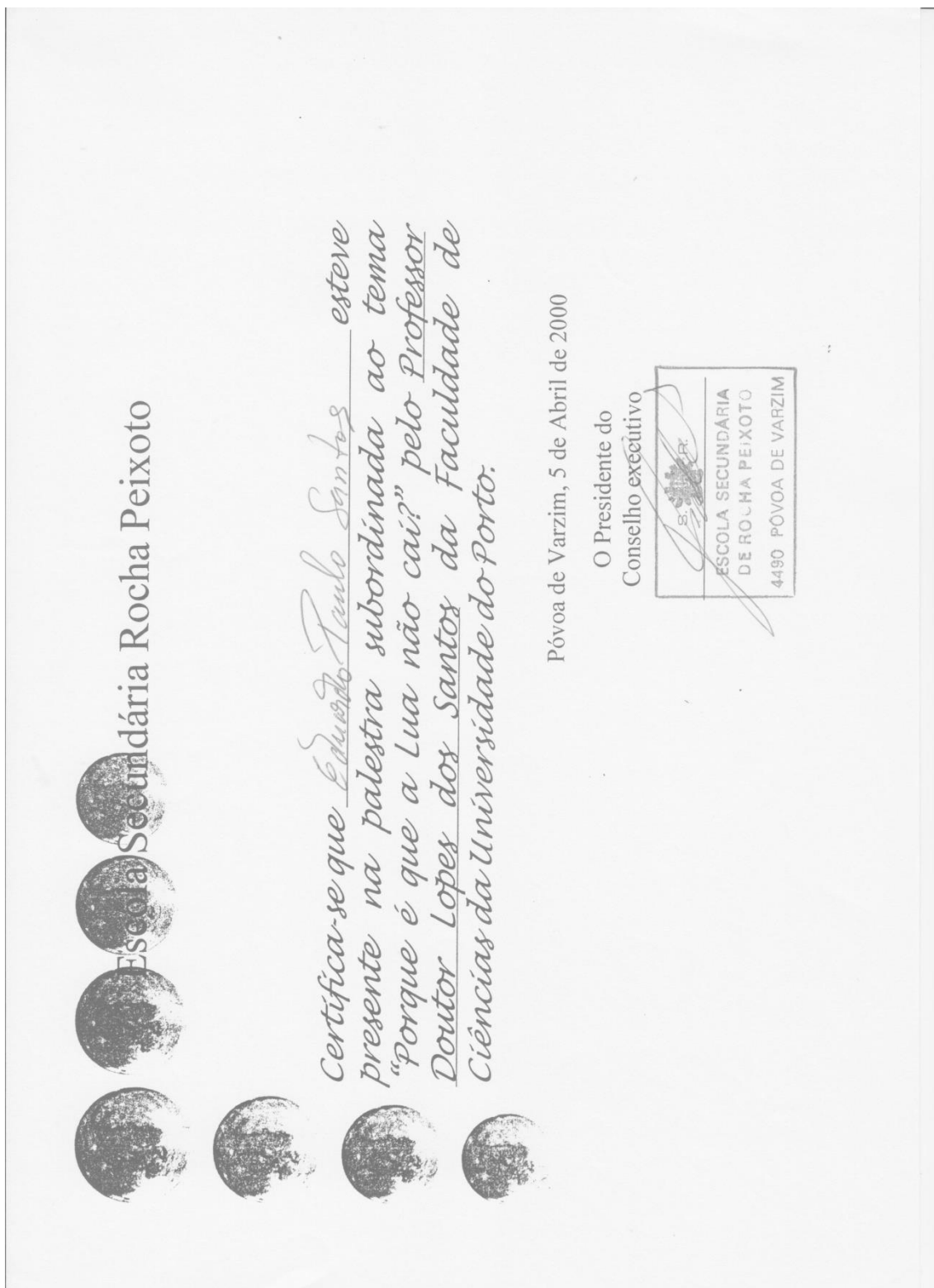
Instituto de Educação e  
Psicologia

*Braga, 24 de Março de 2000*

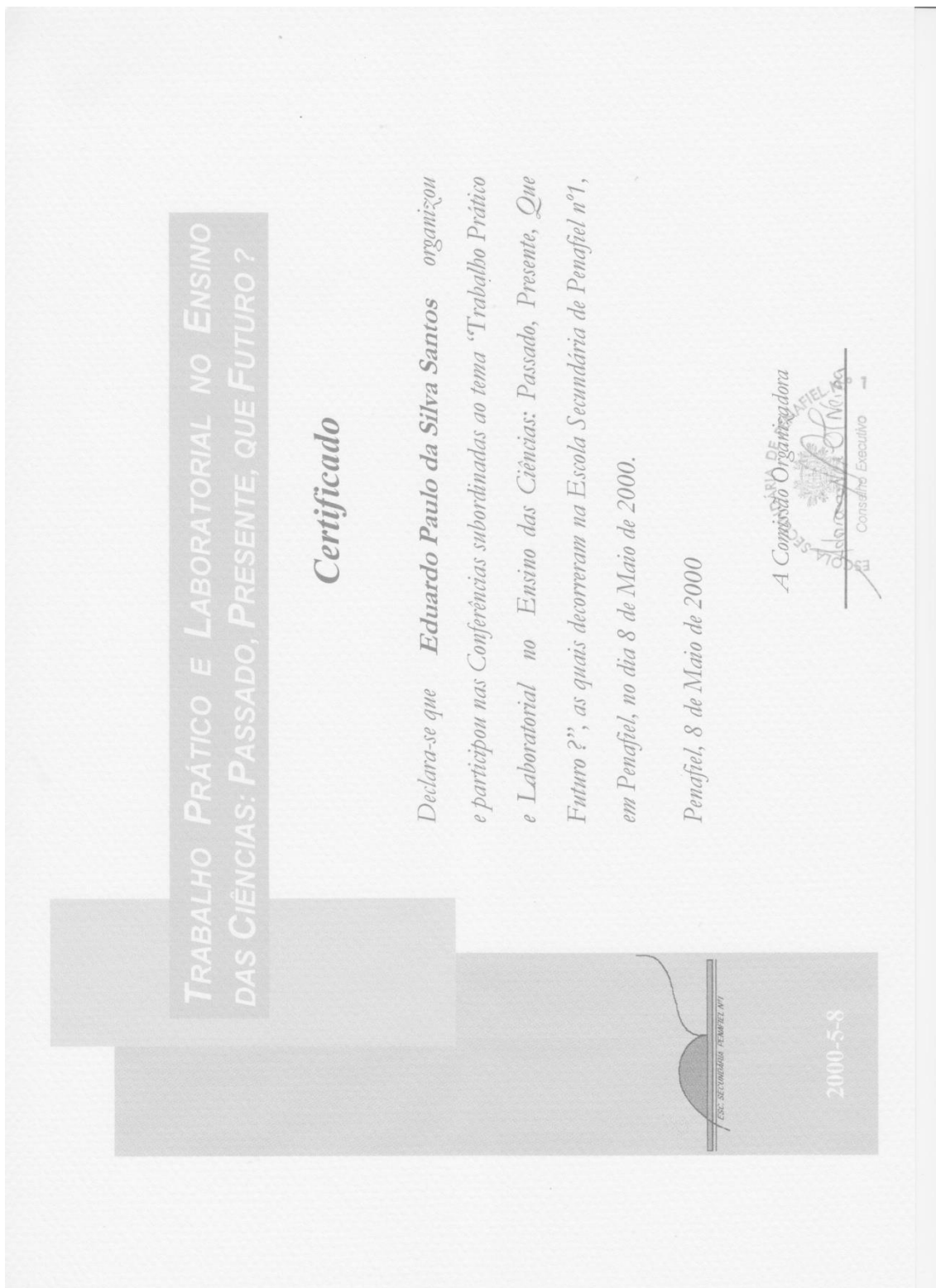
*A Comissão Organizadora*

*Teresa Jacinto*




Anexo C2 – Certificado de presença na formação Porque é que a Lua não cai? realizada na Escola Secundária de Rocha e Peixoto, Póvoa de Varzim



Anexo C3 – Certificado de presença na formação Trabalho Prático e Laboratorial no Ensino das Ciências: Passado, Presente, Que Futuro? realizada na Escola Secundária de Penafiel nº 1



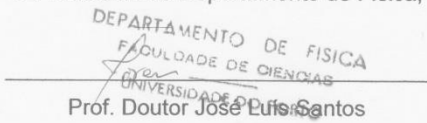
Anexo C4 – Certificado de presença na formação Primeiras Jornadas do DFUP – Ensino Experimental da Física organizada pelo Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

  **Departamento de Física**  
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto  
Rua do Campo Alegre, 687  
4169-007 Porto 

DECLARAÇÃO

Certifica-se que EDUARDO PAULO DA SILVA SANTOS  
esteve presente no Departamento de Física da Universidade do Porto, nos dias 5 a 8 de Setembro de 2005, nas Primeiras Jornadas do DFUP sobre o "Ensino Experimental da Física", realizadas no âmbito do Ano Mundial da Física, em colaboração com a Delegação Norte da Sociedade Portuguesa de Física.

Porto, 8 de Setembro de 2005

*re/* O Presidente do Departamento de Física,  
  
Prof. Doutor José Luís Santos

Telef. 22 6082 709

Anexo C5 – Certificado de presença na formação Eu e a Física realizada pela Porto Editora no Instituto Superior de Engenharia do Porto

 PORTO EDITORA

---

**CENTRO DE APOIO AO PROFESSOR**  
Rua da Restauração, 345 | 4099-023 PORTO

---

**LINHA DO PROFESSOR**  
n.º único +707 22 33 66

---

**INTERNET**  
[www.portoeditora.pt](http://www.portoeditora.pt)  
E-mail: ApoioProf@portoeditora.pt

---

**ESPAÇOS EDUCARE**  
PORTO: R. da Restauração, 345  
LISBOA: Av. Estados Unidos da América, 1-A  
**LIVRARIA DO PROFESSOR**  
COIMBRA: R. de João Machado, 9

---

**Certificado**

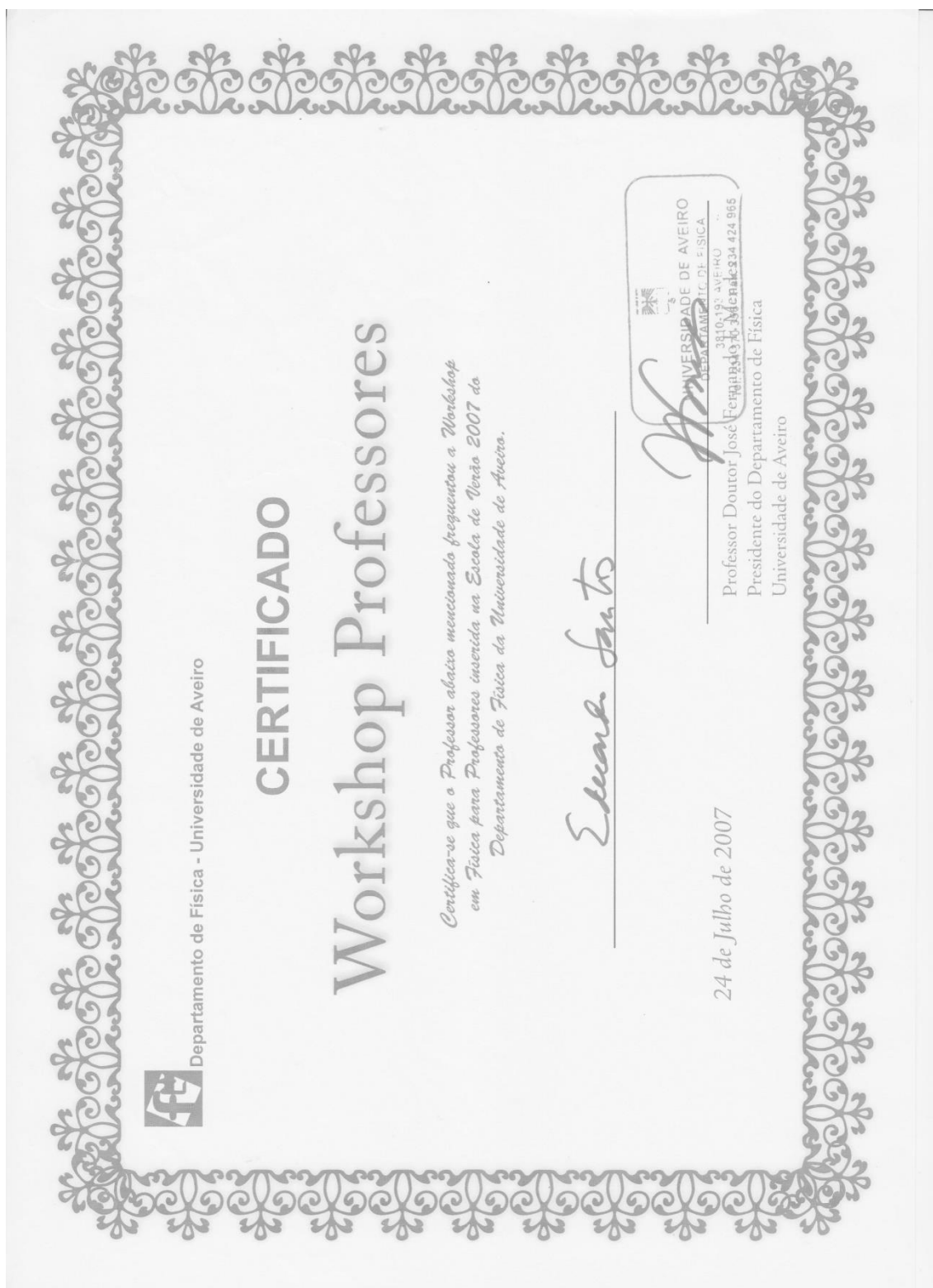
Certificamos que Eduardo Paulo da Silva Santos  
participou no Encontro de Educação subordinado ao tema  
**EUE A FÍSICA**  
realizado no dia 09-09-2005, no Instituto Superior de Engenharia do Porto

---

Porto, 09 de Setembro de 2005

  
Centro de Apoio ao Professor  
*Mee*

Anexo C6 – Certificado de presença na formação Workshop em Física para Professores organizado pelo Departamento de Física da Universidade de Aveiro





Anexo C7 – Certificado de presença na ação de formação “II Encontro Internacional da Casa das Ciências – Ensino e Divulgação da Ciência no Mundo Digital do Início do Século XXI” realizada no Instituto Superior de Engenharia do Porto



II Encontro Internacional da Casa das Ciências  
Porto, 14 a 16 de Julho de 2014  
Instituto Superior de Engenharia do Porto

## CERTIFICADO

Certifica-se que:

*Eduardo Paulo da Silva Santos*

participou nas atividades do II Encontro Internacional da Casa das Ciências, subordinado ao tema Ensino e Divulgação da Ciência no Mundo Digital do Início do Século XXI, que decorreu nos dias 14, 15 e 16 de Julho de 2014 nas instalações do Instituto Superior de Engenharia na cidade do Porto.

A Coordenação do Projeto

Pedro Alexandrino Fernandes

O Presidente da  
Comissão Organizadora

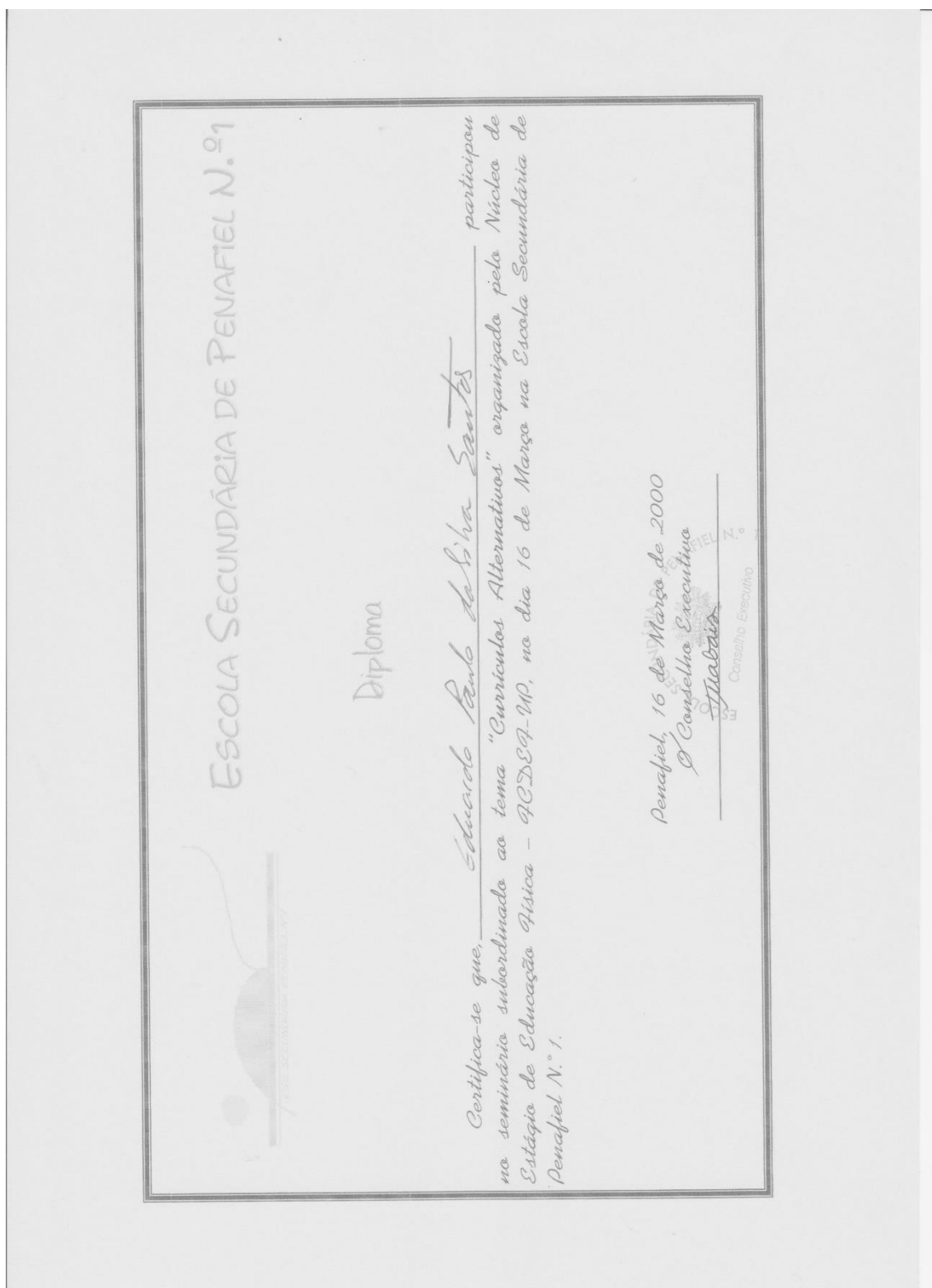
Manuel Silva Pinto




**isep** Instituto Superior de  
Engenharia do Porto



Anexo C8 – Certificado de presença na formação Currículos Alternativos realizada na Escola Secundária de Penafiel nº 1



Anexo C9 – Certificado de presença na formação Encontro de Educação – 3º Ciclo do Ensino Básico realizado pela Porto Editora na Exponor


 **PORTO EDITORA**

Serviço de Apoio a Professores  
Rua da Restauração, 365  
4099-023 PORTO

Linha Directa  
22 608 83 83  
239 49 70 99  
21 843 09 09

Fax: 22 608 83 01  
E-mail: Apoio@portoeditora.pt

Livraria do Professor  
Porto  
Rua da Restauração, 343  
Coimbra  
Rua de João Machado, 9  
Lisboa  
Av. dos Estados Unidos da América, 1/A  
e no internet em:  
[www.portoeditora.pt/apoioprof](http://www.portoeditora.pt/apoioprof)


 [www.portoeditora.pt](http://www.portoeditora.pt)

Plano de melhoria da Referência em Educação 2020

**C E R T I F I C A D O**


Certificamos que Eduardo Paulo da Silva Santos  
participou no Encontro de Educação, subordinado ao tema  
ENCONTRO DE EDUCACAO - 3º Ciclo do Ensino Básico  
e realizado no dia 03 / 05 / 00, na Exponor

Porto, 03 / 05 / 2000

 Serviço de Apoio a Professores

**DOCENTES EM FORMAÇÃO**  
"Avaliação e Intervenção em Dificuldades de Aprendizagem"

**CERTIFICADO**



Certifica-se que Eduardo Santos  
participou na Formação para Docentes subordinada ao tema "Avaliação e Intervenção em Dificuldades de Aprendizagem", organizada pelo Serviço de Psicologia e realizada no Colégio de Nossa Senhora do Rosário do Porto, nos dias 6 e 7 de Julho de 2006.

O Serviço de Psicologia  
Teresa Domingos

O Director do CNSR  
J. F. F. F.

Av. da Boavista, 2856. 4100-120 Porto • Telef. 22 619 75 90 • Fax 22 619 75 96  
E-mail: [cnst@colegiodorosario.pt](mailto:cnst@colegiodorosario.pt) • [www.colegiodorosario.pt](http://www.colegiodorosario.pt)

Anexo C11 – Certificado de presença na formação Escola Virtual na Sala de Aula realizada pela Porto Editora no Colégio de Nossa Senhora do Rosário

 **escola virtual**  
um serviço PORTO EDITORA

Rua do Restaurador, 365  
4099-033 PORTO  
PORTUGAL  
Tel: (+351) 22 608 83 28  
Fax: (+351) 22 608 83 29

**Certificado de Participação**

Certifica-se, para os devidos efeitos, que Eduardo Santos  
participou na acção subordinada ao tema **Escola Virtual na Sala de Aula**  
realizada a 08 de Outubro de 2008

Porto, 14 de Outubro de 2008

  
**PORTO EDITORA**  
Educational Solutions



**centro de apoio ao**  
**PROFESSOR**  
PORTO EDITORA

**CENTRO DE APOIO AO PROFESSOR**  
Rua da Restauração, 365 | 4099-023 PORTO

**INTERNET**  
[www.espacoprofessor.pt](http://www.espacoprofessor.pt)

**LINHA DO PROFESSOR**  
1º ANO  
**707 22 33 66**

**ESPAÇOS PROFESSOR**  
PORTO R. da Restauração, 365  
COMBRA R. de João Machado, 9  
LISBOA Av. Estados Unidos da América, 1-A

# Certificado

Certificamos que Eduardo Santos  
participou no Encontro de Educação subordinado ao tema  
**ÁREA DE PROJECTO 12º ANO**  
realizado no dia 09-09-2009, no Hotel Turismo de Braga  
com 150 minutos de carga horária

Porto, 09 de Setembro de 2009

Centro de Apoio ao Professor  
  
PORTO EDITORA, LDA  
Rua da Restauração, 365  
4099-023 Porto

**Espaço Professor**

**CERTIFICADO**

Certificamos que Eduardo Paulo da Silva Santos participou no Encontro de Educação

**Tema:** NOVO ACORDO ORTOGRÁFICO  
**Carga horária:** 90 minutos  
**Data:** 09-09-2011  
**Local:** Colégio do Rosário  
**Localidade:** Porto

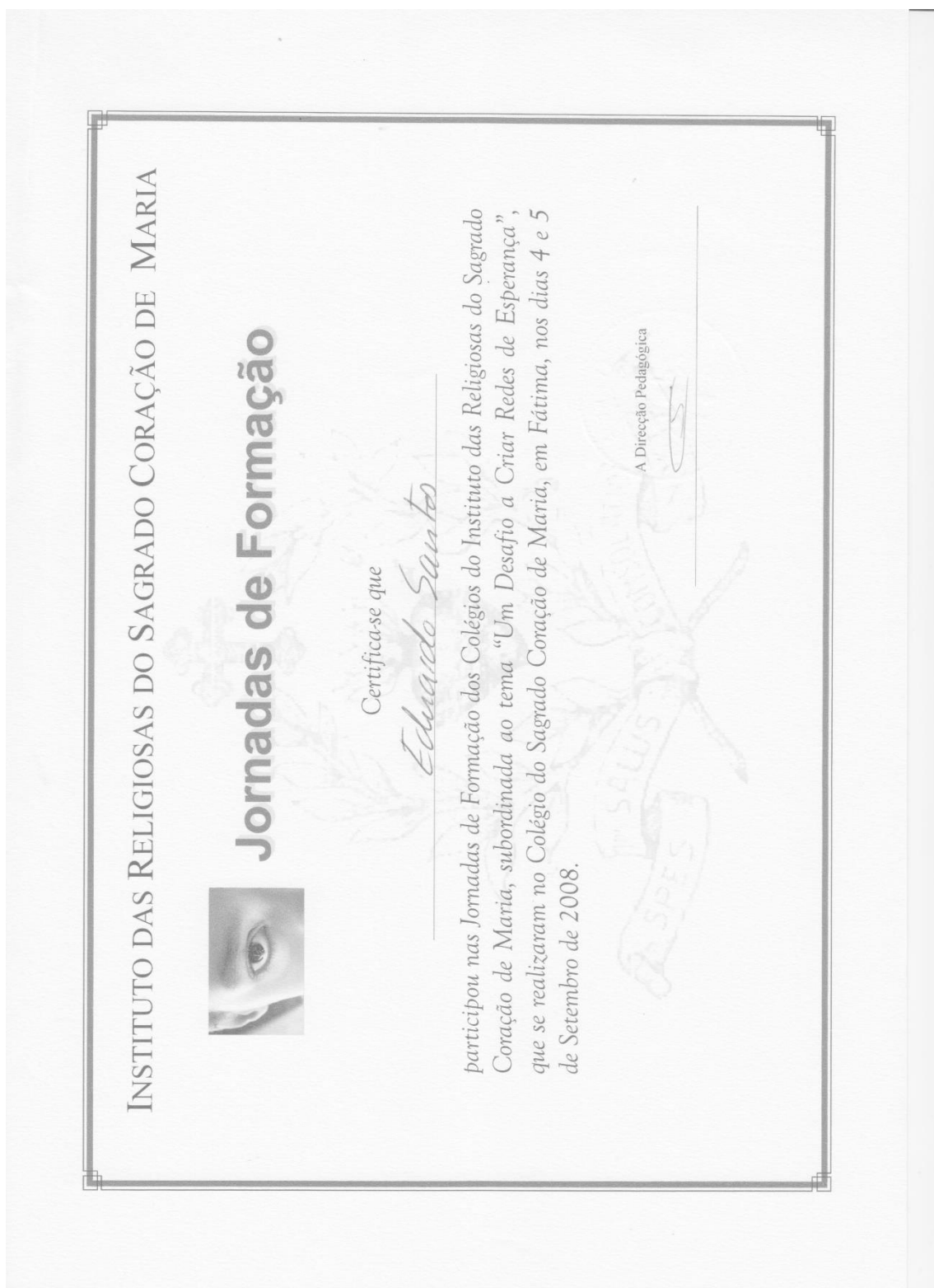
Porto, 09 de setembro de 2011

  
José Paixão  
Espaço Professor

**Porto Editora**  
Rua da Restauração, 365  
4099-025 Porto  
Portugal

**Livrarias Espaço Professor**  
Porto Rua da Restauração, 365  
Comarca (rua) de João Machado, 9  
Lisboa Avenida Estados Unidos da América, 1-A  
Linhares do Professor  
707 22 33 66  
22 605 67 47  
[www.espacoprofessor.pt](http://www.espacoprofessor.pt)

Anexo C14 – Certificado de presença na formação Um Desafio a Criar Redes de Esperança realizado no Colégio do Sagrado Coração de Maria – Fátima





# CERTIFICADO

Certifica-se que o(a) Professor(a) Edmundo Paulo da Silva Santos, esteve presente na Palestra "A Agricultura Tradicional/ Moderna", dirigida pela Dr<sup>a</sup> Helena Pina, no dia 10 de Fevereiro 2000, na Escola Secundária de Penafiel N<sup>o</sup>1.

Organização

Henara José Fernandes de Silva Af. D. Costa  
(Núcleo de Estágio de Geografia)

O Conselho Executivo

Diabralva  
Conselho Executivo

ESCOLA SECUNDÁRIA DE PENAFIEL