



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

DEPARTAMENTO DE PEDAGOGIA E EDUCAÇÃO

**O ENSINO E A APRENDIZAGEM DA FÍSICA EM ENGENHARIA:**

UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO POLITÉCNICO

JOÃO MANUEL VINHAS RAMOS MARQUES

Tese apresentada à Universidade de Évora para obtenção do grau de  
Doutor em Ciências da Educação

*ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR DOUTOR ANTÓNIO JOSÉ DOS SANTOS NETO*

ÉVORA/2011

## **AGRADECIMENTOS**

Desejo, desta forma, exprimir a minha sincera gratidão a todas as pessoas que, de uma ou outra forma, contribuíram para a realização deste trabalho de investigação. De modo especial, gostaria de agradecer:

- Ao Professor Doutor António Neto, pelo apoio científico e preciosas sugestões e críticas, pela confiança depositada e pela simpatia e disponibilidade que sempre me tem dispensado.
- Aos alunos intervenientes neste projecto.
- A todos os colegas do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu.
- A todos os meus familiares e amigos, com destaque para a Manuela, Rita e João Nuno, pela coragem e incentivo que sempre me transmitiram, sobretudo nos momentos mais difíceis.

*A todos os meus alunos*

## RESUMO

Actualmente a maioria dos alunos que iniciam os seus percursos nos cursos de Engenharia provêm de diversas áreas de formação, com distintos níveis de conhecimentos em Física e Matemática e com reduzido contacto com a vertente experimental.

Como resultado da implementação do modelo de Bolonha no Ensino Superior, os alunos devem assumir um papel importante no processo de ensino e de aprendizagem, o que se revela ser uma situação complexa para uma grande maioria.

A experiência pessoal da maior parte dos estudantes levou-os a construir sólidos modelos mentais, de natureza espontânea, os quais, muitas vezes, se assumem como poderosas explicações, alternativas às concepções científicas. A investigação em didáctica das ciências tem recorrentemente evidenciado a enorme dificuldade de modificar, substancialmente, os modelos e formas de pensar espontâneos, típicos do pensamento de senso comum.

O trabalho de investigação desenvolvido baseou-se numa metodologia de investigação de natureza qualitativa, assumindo-se como um estudo híbrido, misto de estudo de caso com investigação-acção. A questão central de investigação prendeu-se com a identificação e caracterização de diversos factores que podem condicionar o desenvolvimento de competências em Física em cursos de Engenharia. Procurou-se provocar a mudança de comportamentos através de distintas formas de intervenção, nomeadamente com a optimização de estratégias implementadas no processo de ensino e de aprendizagem, especificamente no domínio da Mecânica Newtoniana. Estas envolveram, em particular, os materiais didácticos utilizados, a organização estrutural do trabalho dos alunos, a resolução de problemas e a componente laboratorial, tendo em mente promover a aquisição de competências fundamentais na formação e desempenho do futuro Engenheiro.

**Palavras-chave:** Ensino Superior, Engenharia, Educação em Engenharia, Física, Estratégias Didácticas, Resolução de Problemas, Trabalho Laboratorial, Trabalho de Casa.

# **TEACHING AND LEARNING PHYSICS IN ENGINEERING: A CASE STUDY IN A POLYTECHNIC INSTITUTION**

## **ABSTRACT**

Currently the majority of students who start their courses in Engineering come from different areas of training, with different levels of knowledge in Physics and Mathematics and few contacts with the experimental domain.

As a result of the implementation of Bologna's model in higher education, students should play an important role in teaching and learning process, which is a very complex situation for a large number of them.

Most students' experience led them to build solid mental models of spontaneous nature, which often assumed to be powerful explanations, alternative to scientific conceptions. Research on science education has repeatedly shown the enormous difficulty of change these models and spontaneous ways of thinking, typical of common sense.

This research work based in a qualitative methodology was developed as a mix between a case study and action-research. Main research question was related with the identification and characterization of several factors that can influence Engineering students' skills developing in Physics. The goal was to stimulate changing behaviors through distinct forms of action, like the optimization of implemented strategies in teaching and learning process, specifically in Newtonian Mechanics. These strategies were among others: new didactic materials, students' work organization, problem-solving and lab training, bearing in mind fundamental skills' acquisition in the formation and performance of future engineers.

**Keywords:** Higher Education, Engineering, Engineering Education, Physics, Didactic Strategies, Problem-Solving, Lab Work, Homework.

# ÍNDICE

<b>Índice de Quadros</b> .....	xii
<b>Índice de Figuras</b> .....	xiii
<b>Capítulo 1.Introdução</b> .....	1
1.1. Contexto e justificação do tema.....	6
1.2. Questões de investigação e opções metodológicas.....	15
1.3. Objectivos do estudo .....	18
1.4 .Estrutura do relatório de tese .....	20
<b>Capítulo 2.Enquadramento teórico</b> .....	23
2.1. Educação em Ciências – os novos desafios no Ensino Superior .....	25
2.1.1 .Caminhos: do ensino básico ao ensino superior .....	30
2.1.2. O insucesso no ensino superior .....	35
2.1.3. O ensino superior num mundo em mudança .....	36
2.1.4. Um olhar sobre o passado.....	40
2.1.5. Um novo paradigma educacional.....	47
2.2. O Ensino de Física – novas estratégias.....	69
2.2.1. Resolução de problemas – actividade fundamental.....	74
2.2.2.Trabalho fora do espaço aula – um incentivo à aprendizagem .....	91

2.2.3. A importância do trabalho laboratorial/experimental - ontem e hoje .....	100
2.2.4. As tecnologias de informação e comunicação – a sala de aula aberta ao mundo.....	116
2.3.O Ensino de Física em Engenharia.....	130
2.3.1.O insucesso do ensino da Física no ensino Superior.....	131
2.3.2. Contributos para uma abordagem de sucesso no ensino da Física em Engenharia .....	138
2.3.3. Actividades a realizar no âmbito de uma curricular de Física Introdutória ....	146
2.3.3.1. As concepções iniciais dos alunos.....	146
2.3.3.2.O ensino tradicional de Física .....	148
2.3.3.3.A necessidade de mudança .....	149
As aulas integradas .....	150
As aulas laboratoriais .....	152
O trabalho de casa .....	153
Sessões de apoio tutorial .....	154
Formas de contacto .....	155
Avaliação .....	155
<b>Capítulo 3. Metodologia.....</b>	<b>157</b>
3.1. Opções metodológicas.....	159
3.2. Questões de investigação .....	172

3.3.Contexto em que foi desenvolvido o estudo.....	174
3.3.1. Participantes.....	174
A Instituição.....	175
Os turnos de alunos.....	178
3.3.2. A implementação do projecto.....	192
3.4. As componentes do trabalho em Mecânica I .....	210
3.4.1. Aulas teóricas e teórico-práticas .....	214
Utilização de diapositivos .....	216
Resolução de exercícios e problemas .....	217
3.4.2. Orientação tutorial .....	221
A utilização do correio electrónico .....	222
3.4.3. Actividades orientadas pelo docente .....	223
3.4.4. A componente laboratorial .....	224
3.4.4.1. A elaboração de um projecto .....	228
3.4.4.2. O desempenho experimental .....	230
3.4.4.3.Relatórios .....	231
3.4.4.4.Apresentação e discussão públicas dos trabalhos experimentais	232
3.4.5. A avaliação dos alunos .....	233
3.5. Instrumentos de recolha de dados.....	235
3.5.1. Inquérito por questionário.....	238

3.5.2. Registo diário.....	238
3.5.3. Realização de pré – testes.....	239
3.5.4. Trabalhos efectuados em casa.....	240
3.5.5. Debates e esclarecimento de dúvidas nas sessões tutórias.....	241
3.5.6. Realização de mini – testes.....	242
3.5.7. Projectos em grupo para a componente experimental.....	243
3.5.8. Discussão em grupo dos diversos projectos.....	244
3.5.9. Execução experimental dos projectos.....	244
3.5.10. Relatórios.....	245
3.5.11. Apresentação e discussão pública dos trabalhos experimentais.....	246
3.5.12. Mensagens de correio electrónico.....	246
3.5.13. Entrevista estruturada individual.....	247
3.5.14. Provas de avaliação escrita .....	248
3.6. Calendarização das diversas actividades.....	249
3.7. Tratamento dos dados.....	250
<b>Capítulo 4. Apresentação e análise dos resultados.....</b>	<b>253</b>
4.1. A situação inicial dos alunos.....	256
4.1.1. Pré – testes.....	257
Pré – teste sobre Medidas físicas.....	258
Pré – teste sobre Cinemática do ponto material.....	261

Pré – teste sobre Dinâmica do ponto material.....	264
Pré – teste sobre Impulso e momento linear.....	269
Pré – teste sobre Trabalho e energia.....	271
Pré – teste sobre Cinemática e dinâmica de rotação.....	274
4.2. A intervenção.....	280
Sessões de orientação tutória .....	332
Utilização do correio electrónico .....	335
4.3. A componente experimental.....	336
4.3.1. A análise dos projectos experimentais.....	336
4.4. A avaliação dos alunos.....	355
4.5. A análise das entrevistas .....	361
<b>Capítulo 5. Conclusões.....</b>	<b>367</b>
5.1. Principais conclusões.....	369
5.2. Contributos do estudo.....	383
5.3. Limitações do estudo.....	385
5.4. Intervenções pedagógicas futuras.....	386
<b>Bibliografia.....</b>	<b>389</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>417</b>
Anexo 1. CD - ROM	
Anexo 2. Programa de Mecânica I.....	419

Anexo 3. Inquéritos aos alunos.....	424
Anexo 4. Pré – testes.....	426
Anexo 5. Problemas enviados como trabalho de casa.....	438
Anexo 6. Exemplo de mini – teste.....	447
Anexo 7. Provas de avaliação de Mecânica I.....	449
Anexo 8. Guião de entrevista.....	458
Anexo 9. Protocolo da entrevista A1.....	462
Anexo 10. Quadros gerais de comparação de dados.....	465

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – <i>Resultados dos exames nacionais do Ensino Secundário</i> .....	34
Quadro 2 – <i>Funções formativas das TIC</i> .....	122
Quadro 3 – <i>Estudos de caso</i> .....	167
Quadro 4 – <i>Componentes de trabalho da unidade curricular de Mecânica I</i> .....	213
Quadro 5 – <i>Avaliação na unidade curricular de Mecânica I</i> .....	234
Quadro 6 – <i>Fases do projecto e instrumentos utilizados</i> .....	237
Quadro 7 – <i>Períodos e actividades desenvolvidas</i> .....	249
Quadro 8 – <i>Percentagens médias de respostas correctas por pré-teste nos dois turnos</i> .....	279
Quadro 9 – <i>Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 1, nos dois turnos</i> .....	296
Quadro 10 – <i>Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 2, nos dois turnos</i> .....	300
Quadro 11 – <i>Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 3, nos dois turnos</i> .....	302
Quadro 12 – <i>Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 4, nos dois turnos</i> .....	304
Quadro 13 – <i>Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 5, nos dois turnos</i> .....	312
Quadro 14 – <i>Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 6, nos dois turnos</i> .....	314
Quadro 15 – <i>Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 7, nos dois turnos</i> .....	315
Quadro 16 – <i>Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 8, nos dois turnos</i> .....	320
Quadro 17 – <i>Percentagem de resoluções correctas e incorrectas do TPC 9, nos dois turnos</i> .....	324

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Engenheiros na população activa entre os 24 e 64 anos</i> .....	38
Figura 2 – <i>Modelo de aprendizagem do construtivismo contextual</i> .....	144
Figura 3 – <i>Ingresso dos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita)</i> ....	179
Figura 4 – <i>Opções dos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita)</i> ....	180
Figura 5 – <i>Alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita) por sexo e idade</i> .....	181
Figura 6 – <i>Proveniência geográfica dos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita)</i> .....	181
Figura 7 – <i>Nível de escolaridade em Física dos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita)</i> .....	182
Figura 8 – <i>Temas de Física mais interessantes para os alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita)</i> .....	183
Figura 9 – <i>Aulas de Física anteriormente leccionadas aos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita); T – aulas teóricas, TP – aulas teórico-práticas, P – aulas práticas</i> .....	184
Figura 10 – <i>Aulas consideradas mais importantes pelos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita); T – aulas teóricas, TP – aulas teórico-práticas, P – aulas práticas, Nr – não respondeu</i> .....	184
Figura 11 – <i>Opiniões dos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita) sobre a sua preparação anterior</i> .....	185
Figura 12 – <i>A Física baseada na compreensão - opiniões dos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita); Ct – concordo totalmente, C – concordo, D – discordo, Dt – discordo totalmente</i> .....	186
Figura 13 – <i>A Física e a capacidade do aluno - opiniões dos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita); Ct – concordo totalmente, C – concordo, D – discordo, Dt – discordo totalmente</i> .....	186
Figura 14 – <i>A Física como ferramenta - opiniões dos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita); Ct – concordo totalmente, C – concordo, D – discordo, Dt – discordo totalmente</i> .....	187
Figura 15 – <i>A Física e seus objectivos - opiniões dos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita); Ct – concordo totalmente, C – concordo, D – discordo, Dt – discordo totalmente, Nr- não respondeu</i> .....	188
Figura 16 – <i>Praticar em Física - opiniões dos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita); Ct – concordo totalmente, C – concordo, D – discordo, Dt – discordo totalmente</i> .....	188
Figura 17 - <i>Mecanizar em Física - opiniões dos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita); Ct – concordo totalmente, C – concordo, D – discordo, Dt – discordo totalmente</i> .....	189
Figura 18 – <i>Memorizar fórmulas em Física - opiniões dos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita); Ct – concordo totalmente, C – concordo, D – discordo, Dt – discordo totalmente</i> .....	190
Figura 19 – <i>O estudo em Física - opiniões dos alunos do 1º turno (esquerda) e do 2º turno (direita); Ct – concordo totalmente, C – concordo, D – discordo, Dt – discordo totalmente</i> .....	191
Figura 20 – <i>Exemplo de montagem experimental</i> .....	203
Figura 21 – <i>Evolução da percentagem de alunos aprovados, em relação ao número total de alunos inscritos em Física</i> .....	209
Figura 22 – <i>Evolução da percentagem de alunos avaliados, em relação ao número total de alunos inscritos em Física</i> .....	210

Figura 23 – <i>Percentagens de respostas correctas no pré-teste Medidas físicas.</i>	258
Figura 24 – <i>Percentagens de respostas correctas no pré-teste Cinemática do ponto material.....</i>	261
Figura 25 – <i>Gráfico da questão 4 do Pré-teste Cinemática do ponto material...</i>	262
Figura 26 – <i>Percentagens de respostas correctas no pré-teste Dinâmica do ponto material .....</i>	265
Figura 27 – <i>Gráfico da questão 2 do Pré-teste Dinâmica do ponto material.....</i>	266
Figura 28 – <i>Esquema relativo à questão 3 do Pré-teste Dinâmica do ponto material .....</i>	266
Figura 29 – <i>Esquema relativo à questão 6 do Pré-teste Dinâmica do ponto material .....</i>	267
Figura 30 – <i>Percentagens de respostas correctas no pré-teste Impulso e momento linear .....</i>	269
Figura 31 – <i>Questão 5 do Pré-teste Impulso e momento linear.....</i>	270
Figura 32 – <i>Percentagens de respostas correctas no pré-teste Trabalho e energia .....</i>	272
Figura 33 – <i>Questão 6 do Pré-teste Trabalho e energia .....</i>	273
Figura 34 – <i>Percentagens de respostas correctas no pré-teste Cinemática e dinâmica da rotação .....</i>	274
Figura 35 – <i>Diapositivo ilustrando uma questão sobre notação científica.....</i>	282
Figura 36 – <i>Sequência de imagens de uma animação respeitante aos conceitos deslocamento escalar e espaço percorrido.....</i>	284
Figura 37 – <i>Sequência de imagens de uma animação respeitante aos conceitos de velocidade escalar média e velocidade escalar instantânea.....</i>	285
Figura 38 – <i>Duas imagens de uma animação destinada a apresentar o cálculo da velocidade em determinado instante, a partir de um gráfico posição-tempo...</i>	287
Figura 39 – <i>Simulação em diapositivo destinada ao estudo de diagramas horários .....</i>	288
Figura 40 – <i>Diapositivo apresentando a relação entre a área representada e o deslocamento.....</i>	289
Figura 41 – <i>Imagens de animação disponível na Internet e destinada a ilustrar o conceito de integral .....</i>	291
Figura 42 – <i>Diapositivo relativo ao lançamento vertical de um projectil .....</i>	293
Figura 43 – <i>Sequência de imagens de uma animação ilustrativa do encontro entre dois corpos em movimento.....</i>	299
Figura 44 – <i>Imagem retirada de um vídeo projectado aos alunos sobre o funcionamento de uma britadeira e o movimento de projectil da brita.....</i>	301
Figura 45 – <i>Problema proposto na aula sobre o movimento circular.....</i>	303
Figura 46 – <i>Diapositivos que apresentam vídeos analisados à luz da 1ª lei de Newton .....</i>	307
Figura 47 – <i>Imagens retiradas de vídeos inseridos em diapositivos de apresentação Power Point, tendo por tema a 2ª lei de Newton .....</i>	307
Figura 48 – <i>A 3ª lei de Newton - imagens obtidas a partir de vídeos inseridos em apresentação Power Point .....</i>	308
Figura 49 – <i>A construção de um diagrama de corpo livre em apresentação Power Point .....</i>	310
Figura 50 – <i>Problema envolvendo conceitos relacionados com o atrito.....</i>	311
Figura 51 – <i>Diapositivo integrante de apresentação Power Point tendo por objectivo clarificar o conceito de momento linear .....</i>	317
Figura 52 – <i>Diapositivo integrante de apresentação Power Point tendo por</i>	

<i>objectivo clarificar os conceitos de impulso e variação do momento linear.....</i>	318
Figura 53 – <i>Problema envolvendo a interpretação e utilização de dados de um gráfico.....</i>	319
Figura 54 – <i>Diapositivo referente ao conceito de trabalho físico.....</i>	322
Figura 55 – <i>Diapositivo referente ao conceito de potência. A animação permite observar que a segunda máquina realiza igual trabalho num menor intervalo de tempo.....</i>	323
Figura 56 – <i>Diapositivo que apresenta uma pequena proposta de trabalho para os alunos, relacionada com o conceito de potência.....</i>	323
Figura 57 – <i>Diapositivo que apresenta uma situação e uma questão relativas ao conceito de momento de uma força em relação a um ponto.....</i>	327
Figura 58 – <i>Diapositivo relacionado com o conceito de momento de inércia...</i>	327
Figura 59 – <i>Demonstração prática executada pelos alunos no decorrer das aulas.....</i>	328
Figura 60 – <i>Problema envolvendo conceitos de cinemática e dinâmica da rotação.....</i>	329
Figura 61 – <i>Percentagem de alunos que efectuaram a entrega dos trabalhos propostos para casa, dentro dos prazos estabelecidos.....</i>	330
Figura 62 – <i>Problema de síntese integrante da colectânea de exercícios e problemas.....</i>	331
Figura 63 – <i>Percentagem de presenças: nas aulas teóricas, teórico-práticas e práticas (azul); nas sessões de orientação tutória (laranja).....</i>	333
Figura 64 – <i>Sistema de lançamento de projecteis existente no laboratório de Física.....</i>	337
Figura 65 – <i>Projecto apresentado por um dos grupos de alunos e relativo ao estudo de projecteis.....</i>	338
Figura 66 – <i>Dispositivo existente no laboratório de Física destinado a estudos de movimentos e da sua relação com as forças actuantes.....</i>	339
Figura 67 – <i>Projecto apresentado por um dos grupos de alunos e relativo ao estudo da relação entre forças e movimentos.....</i>	340
Figura 68 – <i>Dispositivo existente no laboratório de Física, apetrechado com uma calha com um looping destinado a estudos de energia mecânica.....</i>	341
Figura 69 – <i>Projecto apresentado por um dos grupos de alunos e relativo a um estudo sobre energia mecânica.....</i>	342
Figura 70 – <i>Dispositivo existente no laboratório de Física para estudos de colisões.....</i>	343
Figura 71 – <i>Projecto apresentado por um dos grupos de alunos e relativo a um estudo sobre colisões.....</i>	344
Figura 72 – <i>Dispositivo existente no laboratório de Física para estudos de cinemática e dinâmica da rotação.....</i>	345
Figura 73 – <i>Projecto apresentado por um dos grupos de alunos e relativo a um estudo sobre dinâmica de rotação.....</i>	346
Figura 74 – <i>Projectos - distribuição percentual da classificação quanto à estrutura e objectivos.....</i>	348
Figura 75 – <i>Projectos – distribuição percentual da classificação quanto à correcta utilização da linguagem escrita.....</i>	349
Figura 76 – <i>Projectos – distribuição percentual quanto à classificação da originalidade da proposta.....</i>	350
Figura 77 – <i>Projectos – distribuição percentual da classificação quanto à sua exequibilidade.....</i>	351

Figura 78 – <i>Relatórios: média das classificações por tema de trabalho experimental</i> .....	353
Figura 79 – <i>Distribuição percentual das classificações das apresentações e discussões públicas dos trabalhos experimentais</i> .....	354
Figura 80 – <i>Distribuição percentual das classificações no 1º mini-teste</i> .....	355
Figura 81 – <i>Distribuição percentual das classificações no 2º mini-teste</i> .....	356
Figura 82 – <i>Distribuição percentual das classificações no 3º mini-teste</i> .....	357
Figura 83 – <i>Distribuição percentual das classificações de assiduidade e qualidade de participação</i> .....	359
Figura 84 - <i>Distribuição percentual das classificações obtidas nas provas escritas de Mecânica I</i> .....	360