

# NCE/10/01461 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

---

## Apresentação do pedido

### Perguntas A1 a A4

---

**A1. Instituição de ensino superior / Entidade instituidora:**

*Universidade De Lisboa*

**A1.a. Descrição da Instituição de ensino superior / Entidade instituidora**

*Universidade De Lisboa*

**A2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):**

*Faculdade De Ciências*

**A2.a. Descrição Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):**

*Faculdade De Ciências*

**A3. Ciclo de estudos:**

*Engenharia Física*

**A3. Study cycle:**

*PhD Physical Engineering*

**A4. Grau:**

*Doutor*

### Perguntas A5 a A10

---

**A5. Área científica predominante do ciclo de estudos:**

*Física*

**A5. Main scientific area of the study cycle:**

*Physics*

**A6.1. Classificação da área principal do ciclo de estudos de acordo com a Portaria nº 256/2005 de 16 de Março (CNAEF).**

*441*

**A6.2. Classificação da área secundária do ciclo de estudos de acordo com a Portaria nº 256/2005 de 16 de Março (CNAEF), se aplicável.**

*<sem resposta>*

**A6.3. Classificação de outra área secundária do ciclo de estudos de acordo com a Portaria nº 256/2005 de 16 de Março (CNAEF), se aplicável.**

*<sem resposta>*

**A7. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau:**

*240*

**A8. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL-74/2006):**

*4 anos*

**A8. Duration of the study cycle (art.º 3 DL-74/2006):**

*4 years*

**A9. Número de vagas proposto:**

*15*

**A10. Condições de acesso e ingresso:**

**A10. Entry Requirements:**

*Master (Integrated Master or 2nd cycle) in Physical Engineering or related (Technological Physics), specializations of Applied Physics or physical-based engineering, including materials or electronics).*

## Pergunta A11

### Pergunta A11

**A11. Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização de percursos alternativos em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável):**

*Não*

**A11.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ... (se aplicável)**

**A11.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras formas de organização de percursos alternativos em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável) / Branches options, profiles, major and minor, or other forms of organization of alternative paths compatible with the structure of the study cycle (if applicable)**

Ramos/Opções/... (se aplicável):

Branches/Options/... (if applicable):

<sem resposta>

## A12. Estrutura curricular

Anexo I - N.A.

**A12.1. Ciclo de Estudos:**

*Engenharia Física*

**A12.1. Study Cycle:**

*PhD Physical Engineering*

**A12.2. Grau:**

*Doutor*

**A12.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)**

*N.A.*

**A12.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)**

*N.A.*

**A12.4. Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau / Scientific areas and credits that must be obtained before a degree is awarded**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Optativos* / Optional ECTS*
Engenharia Física	ENG FIS	213	18
Qualquer Área Científica	QAC	6	12
Formação Cultural Social e Ética	FCSE	3	0
<b>(3 Items)</b>		<b>222</b>	<b>30</b>

## Perguntas A13 e A14

**A13. Regime de funcionamento:**

*Diurno*

**A13.1. Se outro, especifique:**

<sem resposta>

**A13.1. If other, specify:**

<no answer>

**A14. Observações:**

*O ciclo de estudos proposto conducente ao grau de Doutor em Engenharia Física (EF) está organizado em 8 semestres lectivos, de 30 ECTS cada, num total de 240 ECTS.*

*O programa doutoral é proposto é da responsabilidade do Departamento de Física (DF). Embora com um papel central na formação, o DF recorrerá a outros Departamentos da FCUL para apoio ou co-orientação nas suas áreas de competência, sempre que se revele adequado.*

*O DF mobilizará para esta formação em EF todos os acordos de colaboração existentes com instituições externas, nacionais e estrangeiras - incluindo empresas - cuja intervenção seja considerada uma mais valia para a formação dos doutorandos, a nível, por exemplo, da co-orientação dos alunos, da participação a nível da docência das unidades curriculares (UC), ou do acolhimento para realização da dissertação.*

*O curso está estruturado em 2 etapas: uma 1ª de formação geral avançada, constituída por um ano lectivo (o Curso de Formação Avançada). Este Curso inclui UC de Tópicos Avançados de Engenharia Física (12 ECTS obrigatórios) seleccionadas de acordo com a área de trabalho a desenvolver, UC de qualquer outra área científica (6 ECTS obrigatórios) consideradas adequadas, uma UC de formação cultural, social e ética (FCSE) em Empreendedorismo e ainda uma UC Seminário (3 ECTS) que corresponde à frequência e participação em conferências/seminários (em número a determinar) realizados no quadro dos Departamentos/Centros de Investigação da FCUL.*

*São ainda obrigatórias: a UC "Projecto de Investigação" - na qual é desenvolvido um trabalho conducente à preparação do tema de trabalho de tese, e a UC "Seminário de Investigação" na qual é exigido um relatório escrito sobre o trabalho desenvolvido e uma apresentação oral perante um júri. Mediante acordo do Coordenador, parte dos créditos obrigatórios e/ou optativos (até 18 ECTS) pode ser adquirida por creditação de formação obtida em instituições congéneres, nacionais ou estrangeiras, com base em acordos de colaboração específicos (CLEA, IDPASC, ERASMUS, etc). A realização de estágios de investigação em Instituições nacionais ou estrangeiras, em áreas consideradas relevantes para o tema da dissertação, pode ser contabilizada como UC's optativas.*

*A 2ª etapa, constituída pelos três anos seguintes, é dedicada ao desenvolvimento do projecto original de Tese. O doutorando desenvolverá um trabalho já focado no tema escolhido, tendo de realizar, no 2º e 3º anos de formação, apresentações orais - Seminário Doutoral I e II.*

*O curso terá como estruturas de apoio um Coordenador e uma Comissão Científica que inclui pelo menos um elemento externo. Cada doutorando terá uma Comissão de Acompanhamento que inclui um Professor/Investigador externo à Instituição de Acolhimento.*

**A14. Observations:**

*The cycle of studies leading to the degree of Doctor in Physical Engineering (EF) is organized in 8 learning semesters, of 30 ECTS each, in a total of 240 ECTS.*

*The PhD program is proposed and is of the responsibility of the Department of Physics (DF). Although with a central role in the formation, the DF will request the support of other Departments of the FCUL in their areas of expertise, whenever necessary or adequate.*

*The DF will mobilize for this formation in EF all the existing cooperation with external, national and foreign institutions - including companies - whose intervention is considered valuable for the formation of the students, for example, for joint supervision, collaboration in teaching of very specific units, or to actually implement the research doctoral work.*

*The course is organized in 2 parts: the 1st part, of advanced general formation, consisting of one academic year (the Advanced Formation Course). This Course includes units of Advanced Topics of Physical Engineering (12 mandatory ECTS) selected in accordance with the area of work to develop, units of any another scientific area (6 mandatory ECTS) considered adequate, one unit of cultural, social and ethical formation (FCSE) in Entrepreneurship and a unit called Seminar (3 ECTS) that corresponds to the participation in conferences / seminars (in a number to be determined) in the context of the FCUL's departments and research units.*

*The following units are also compulsory: the unit "Research Project" - in which the preparatory work leading to the subject of thesis work is accomplished, and the unit "Research Seminar" in which it is demanded a written report describing the developed work and an oral presentation before a jury. With agreement of the Coordinator, part of the mandatory and/or optional credits (up to 18 ECTS) can be acquired by crediting the training in collaborating institutions national or foreign, on the basis of specific agreements in place (CLEA, IDPASC, ERASMUS, etc). The accomplishment of periods of research training in national or foreign Institutions, in areas considered useful or needed for the subject of the dissertation, can also be credited as optional.*

*The 2nd part consists of the subsequent three years, and will be devoted to the development of the original research project leading to dissertation. The student will focus on the selected and agreed scientific subject and will annually present his results in the Doctoral Seminar I and II, in the 2nd and 3rd years.*

*This cycle of studies will have a Coordinator and a Scientific Commission that includes at least an external element. Each student will have his own steering Commission that includes an independent Investigator or Professor not belonging to the Institution where the research is being conducted.*

## Instrução do pedido

### 1. Formalização do pedido

## 1.1. Deliberações

### Anexo II - Conselho Científico da FCUL (em 10-11-2010)

#### 1.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho Científico da FCUL (em 10-11-2010)*

#### 1.1.2. Cópia de acta (ou extrato de acta) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[1.1.2.\\_Aprovação do CC.pdf](#)

### Anexo II - Conselho Pedagógico da FCUL (16-11-2010)

#### 1.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho Pedagógico da FCUL (16-11-2010)*

#### 1.1.2. Cópia de acta (ou extrato de acta) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[1.1.2.\\_CPedagogico\\_deliberacao\\_cursos\\_FCUL\\_16\\_11\\_2010.pdf](#)

### Anexo II - Reitor da Universidade de Lisboa

#### 1.1.1. Órgão ouvido:

*Reitor da Universidade de Lisboa*

#### 1.1.2. Cópia de acta (ou extrato de acta) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[1.1.2.\\_Desp\\_117-2010 12 13.pdf](#)

## 1.2. Docente responsável

### 1.2. Docente responsável pela coordenação da implementação do ciclo de estudos

A respectiva ficha curricular deve ser apresentada no Anexo V.

*Prof. Dr. José Manuel N. V. Rebordão*

## 2. Plano de estudos

### Anexo III - N.A. - 1º ano/1º e 2º semestres

#### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Engenharia Física*

#### 2.1. Study Cycle:

*PhD Physical Engineering*

#### 2.2. Grau:

*Doutor*

#### 2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)

*N.A.*

#### 2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)

*N.A.*

#### 2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

*1º ano/1º e 2º semestres*

#### 2.4. Curricular year/semester/trimester:

*1st year/1st and 2nd semesters*

#### 2.5. Plano de Estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Empreendedorismo	FCSE	Semestral	84	T:15; TP:15; OT:15	3	Obrigatória
Seminário	QAC	Anual	168	S:30	6	Frequência semanal de seminários
Disciplinas de Opção A	ENG FIS	Semestral	504	-	18	Optativas; mínimo de 12 ECTS e máximo de 18 ECTS
						Optativas; mínimo de 6 ECTS e

Disciplinas de Opção B	QAC	Semestral	336	-	12	máximo de 12 ECTS
Seminário de Investigação	ENG FIS	2º semestre	84	OT:10	3	Obrigatória
Projecto de Investigação	ENG FIS	Anual	840	OT: 90	30	mínimo de 18 ECTS e máximo de 30 ECTS
<b>(6 Items)</b>						

### Anexo III - N.A. - 2º ano/1º e 2º semestres

#### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Engenharia Física*

#### 2.1. Study Cycle:

*PhD Physical Engineering*

#### 2.2. Grau:

*Doutor*

#### 2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)

*N.A.*

#### 2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)

*N.A.*

#### 2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

*2º ano/1º e 2º semestres*

#### 2.4. Curricular year/semester/trimester:

*2nd year/1st and 2nd semesters*

#### 2.5. Plano de Estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Seminário Doutoral I	ENG FIS	Anual	168	OT:20	6	Inclui entrega relatório escrito e apresentação oral perante júri
Tese de Doutoramento	ENG FIS	Anual	1512	OT:140	54	
<b>(2 Items)</b>						

### Anexo III - N.A. - 3º ano/1º e 2º semestres

#### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Engenharia Física*

#### 2.1. Study Cycle:

*PhD Physical Engineering*

#### 2.2. Grau:

*Doutor*

#### 2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)

*N.A.*

#### 2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)

*N.A.*

#### 2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

*3º ano/1º e 2º semestres*

#### 2.4. Curricular year/semester/trimester:

*3rd year/1st and 2nd semesters*

## 2.5. Plano de Estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Seminário Doutoral II	ENG FIS	Anual	168	OT:20	6	Inclui entrega de relatório escrito e apresentação perante júri
Tese de doutoramento (2 Items)	ENG FIS	Anual	1512	OT:140	54	

## Anexo III - N.A. - 4º ano/1º e 2º semestres

### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Engenharia Física*

### 2.1. Study Cycle:

*PhD Physical Engineering*

### 2.2. Grau:

*Doutor*

### 2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)

*N.A.*

### 2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)

*N.A.*

### 2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

*4º ano/1º e 2º semestres*

### 2.4. Curricular year/semester/trimester:

*4th year/1st and 2nd semesters*

## 2.5. Plano de Estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Seminário Doutoral III	ENG FIS	Anual	168	OT:20	6	Inclui entrega relatório escrito e apresentação oral perante júri
Tese de Doutoramento (2 Items)	ENG FIS	Anual	1512	OT:140	54	

## Anexo III - Grupo Opcional B - 1ºAno

### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Engenharia Física*

### 2.1. Study Cycle:

*PhD Physical Engineering*

### 2.2. Grau:

*Doutor*

### 2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)

*Grupo Opcional B*

### 2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)

*Optional Group B*

### 2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

*1ºAno*

### 2.4. Curricular year/semester/trimester:

*1st Year*

## 2.5. Plano de Estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Controlo e Arquitecturas de Sistemas de Instrumentação	ENG	semestral	168	T-30;PL-45;OT-15	6	Optativa
Dosimetria e Protecção Radiológica	ENG	semestral	168	T-30;PL-30;OT-15	6	Optativa
Engenharia da Medida	ENG	semestral	168	T-30;TP-30;OT-15	6	Optativa
Física Atómica e Plasmas	FIS	semestral	168	T-30;TP-30;OT-15	6	Optativa
Fotónica	ENG	semestral	168	T-30;TP-15;PL-15;OT-15	6	Optativa
Modelação Avançada em Engenharia	ENG	semestral	168	T-30;PL-30; OT-15	6	Optativa
Nanofísica	FIS	semestral	168	T-30;TP-30;OT-15	6	Optativa
Qualidade, Ambiente e Segurança	QUI	semestral	84	T-30;OT-15	3	Optativa
Sensores	ENG	semestral	168	T-30;TP-15;PL-15;OT-15	6	Optativa
Sistemas de Imagem	ENG	semestral	168	T-30;TP-15;PL-15;OT-15	6	Optativa
Sistemas Magnéticos	ENG	semestral	168	T-30;TP-15;PL-15;OT-15	6	Optativa
Técnicas Avançadas de Processamento e Caracterização de Materiais	ENG	semestral	168	T-30;PL-30;OT-15	6	Optativa
Outra disciplina da FCUL, de nível adequado, mediante acordo da Coordenação do Curso	-	semestral	168	-	6	Optativa
<b>(13 Items)</b>						

## Anexo III - Grupo Opcional A: Top Avanc de Eng Fis- Tecnologias Instrumentais, Ópticas e Fotónicas - 1ºAno

### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Engenharia Física*

### 2.1. Study Cycle:

*PhD Physical Engineering*

### 2.2. Grau:

*Doutor*

### 2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)

*Grupo Opcional A: Top Avanc de Eng Fis- Tecnologias Instrumentais, Ópticas e Fotónicas*

### 2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)

*Optional Group A: Adv Topics in Phys. Eng - Tec Inst, Optical and P....*

### 2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

*1ºAno*

### 2.4. Curricular year/semester/trimester:

*1st Year*

## 2.5. Plano de Estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Funções ópticas de metamateriais e cristais fotónicos	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Propagação de feixes luminosos	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Engenharia de sistemas de processamento laser	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Metrologia óptica avançada	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Processamento de materiais por laser	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Processamento Digital de Imagem Avançado	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Opto-mecânica e técnicas adaptativas de controlo	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Outras disciplinas da FCUL, de 2º e 3º ciclos, mediante acordo da Coordenação	-	semestral	168	-	6	Optativa

do Curso						
Disciplinas de 2º e 3º ciclo de outras instituições de ES, mediante Protocolos CLEA e IDPASC	-	semestral	168	-	6	Optativa
<b>(9 Items)</b>						

### Anexo III - Grupo Opcional A: Tópicos Avançados de Engenharia Física - Técnicas Nucleares - 1ºAno

#### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Engenharia Física*

#### 2.1. Study Cycle:

*PhD Physical Engineering*

#### 2.2. Grau:

*Doutor*

#### 2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)

*Grupo Opcional A: Tópicos Avançados de Engenharia Física - Técnicas Nucleares*

#### 2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)

*Optional Group A: Adv Topics in Physics Engineering - Nuclear Techniques*

#### 2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

*1ºAno*

#### 2.4. Curricular year/semester/trimester:

*1st Year*

#### 2.5. Plano de Estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Técnicas Nucleares: Interações hiperfinas	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Técnicas Nucleares com feixes de iões	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Técnicas Nucleares com Neutrões	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Tecnologia e Instrumentação de Reactores de Cisão	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Outras disciplinas da FCUL, de 2º e 3º ciclos, mediante acordo da Coordenação do Curso	-	semestral	168	-	6	Optativa
Disciplinas de 2º e 3º ciclo de outras instituições de ES, mediante Protocolos CLEA e IDPASC	-	semestral	168	-	6	Optativa
<b>(6 Items)</b>						

### Anexo III - Grupo Opcional A: Tópicos Avançados de Engenharia Física - Radiação: Tecnologia e Aplicações - 1ºAno

#### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Engenharia Física*

#### 2.1. Study Cycle:

*PhD Physical Engineering*

#### 2.2. Grau:

*Doutor*

#### 2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)

*Grupo Opcional A: Tópicos Avançados de Engenharia Física - Radiação: Tecnologia e Aplicações*

#### 2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)

*Optional Group A: Advanced Topics in Physics Engineering - Radiation: Technology and Applications*

#### 2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

**2.4. Curricular year/semester/trimester:**

1st Year

**2.5. Plano de Estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Detetores para física de altas energias	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Simulação Monte Carlo de detetores	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Detetores de radiação ionizante	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Técnicas Avançadas de Espectroscopia Atómica e Molecular	ENG	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Métodos Avançados de Análise Química	ENG	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Outras disciplinas da FCUL, de 2º e 3º ciclos, mediante acordo da Coordenação do Curso	-	semestral	168	-	6	Optativa
Disciplinas de 2º e 3º ciclo de outras instituições de ES, mediante Protocolos CLEA e IDPASC	-	semestral	168	-	6	Optativa
<b>(7 Items)</b>						

**Anexo III - Grupo Opcional A: Tópicos Avançados em Engenharia Física - Instrumentação - 1ºAno****2.1. Ciclo de Estudos:***Engenharia Física***2.1. Study Cycle:***PhD Physical Engineering***2.2. Grau:***Doutor***2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)***Grupo Opcional A: Tópicos Avançados em Engenharia Física - Instrumentação***2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)***Optional Group A: Advanced Topics in Physics Engineering - Instrumentation***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:**

1ºAno

**2.4. Curricular year/semester/trimester:**

1st Year

**2.5. Plano de Estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Microelectrónica	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Instrumentos virtuais e sistemas automáticos de medida	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Técnicas Avançadas de Controlo	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Ruído em sistemas electrónicos	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Processamento Estatístico de Sinais	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Potência Pulsada, Tecnologia e Aplicações	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Outras disciplinas da FCUL, de 2º e 3º ciclos, mediante acordo da Coordenação do Curso	-	semestral	168	-	6	Optativa
Disciplinas de 2º e 3º ciclo de outras instituições de ES, mediante Protocolos CLEA e IDPASC	-	semestral	168	-	6	Optativa
<b>(8 Items)</b>						

**Anexo III - Grupo Opcional A: Tópicos Avançados de Engenharia Física - Materiais e Sistemas Nano-estruturados - 1º ano**

**2.1. Ciclo de Estudos:**  
*Engenharia Física*

**2.1. Study Cycle:**  
*PhD Physical Engineering*

**2.2. Grau:**  
*Doutor*

**2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)**  
*Grupo Opcional A: Tópicos Avançados de Engenharia Física - Materiais e Sistemas Nano-estruturados*

**2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)**  
*Optional Group A: Advanced Topics in Physics Engineering - Materials and Nanostructured systems*

**2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
*1º ano*

**2.4. Curricular year/semester/trimester:**  
*1st year*

**2.5. Plano de Estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Caracterização Magnética de Alta Resolução	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Propriedades de Transporte Eléctrico	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Microscopia de Varrimento por Sonda	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Tecnologias de Filmes Finos	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Cálculos de Estrutura de Bandas	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Potência Pulsada, Tecnologia e Aplicações	ENG FIS	semestral	56	T:10;PL:15;OT:5	2	Optativa
Outras disciplinas da FCUL, de 2º e 3º ciclos, mediante acordo da Coordenação do Curso	-	semestral	168	-	6	Optativa
Disciplinas de 2º e 3º ciclo de outras instituições de ES, mediante Protocolos CLEA e IDPASC	-	semestral	168	-	6	Optativa
<b>(8 Items)</b>						

## 3. Descrição e fundamentação dos objectivos

### 3.1. Dos objectivos do ciclo de estudos

#### 3.1.1. Objectivos do ciclo de estudos.

*O 3º ciclo em Engenharia Física (EF) tem como principal objectivo formar profissionais com capacidade para realizar trabalho original de investigação e desenvolvimento em diferentes áreas da engenharia e tecnologias físicas, preparando-os para a resolução inovadora de problemas de Engenharia, cuja complexidade ou natureza exija conhecimentos fundamentais da Física, através de investigação e desenvolvimento de projectos em ciências aplicadas, incluindo a concepção e implementação de instrumentação ou tecnologia avançada, a realizar em contextos académicos ou empresariais.*

*Visa-se ainda o desenvolvimento de uma atitude científica e profissional qualificada e eticamente exemplar, através da formação em metodologias válidas de recolha de informação, métodos de investigação e de validação, comunicação científica especializada ou para a sociedade, bem como uma sensibilidade acrescida para as questões de valorização económica das tecnologias ou conhecimentos desenvolvidos.*

#### 3.1.1. Study cycle's objectives.

*The main objective of this program is the formation and education of highly qualified professionals prepared to carry out research and development in different areas of engineering and physical technologies, with a specific ability for solving engineering problems which require a strong and fundamental background in physics, through research and development in applied science projects, including the creation and implementation of instrumentation or new and advances technologies, either in academic or entrepreneurial contexts.*

*The program also aims to develop a professional and qualified behavior by focusing on valid approaches to collect data, to research and validate, to disseminate knowledge either in specialized fora or towards the society in general, as well as the awareness of the importance of promoting the economical value of technology and knowledge.*

#### 3.1.2. Competências a desenvolver pelos estudantes.

*O aluno deve apreender e demonstrar as seguintes competências:*

*Decomposição de problemas complexos em partes passíveis de solução com base nos fundamentos da física, com devida consideração pelas interfaces, mesmo com áreas de outra natureza científica (exemplo: biofísica)*

*Capacidade de projecto de sistemas e instrumentação, desde a construção e validação de especificações, a modelação inicial que valida as especificações científicas, até à implementação (pessoal ou delegada), validação, teste e utilização operacional.*

*Capacidade de realizar engenharia inversa e relacionar os resultados experimentais (de uma tecnologia ou instrumento) com os modelos físicos que a viabilizam, desencadeando as iterações necessárias para garantir o acordo entre o projecto e os resultados.*

*Capacidade para, com a base física adequada, analisar e comparar alternativas de implementação ou de resolução de um problema, viabilizando acções de tradeoffs, mesmo incluindo variáveis de natureza económica*

### **3.1.2. Competences to be developed by students.**

*The student must develop and demonstrate that he/she is able to:*

*Split complex problems in sub-problems which can be solved with strong physics background, with due consideration of interfaces, even with areas of a different scientific nature (eg, biology);*

*Project of systems and instrument, from building and/or validating requirements, to the initial detailed modeling to validate specifications of scientific nature, to the implementation, validation, test and operations.*

*Perform “inverse engineering” and to relate experimental results (of a technology or instrument) with the physics that supports them, by launching the iterations required to ensure matching between project and results.*

*Analyze and compare (with strong physical-based reasoning) implementation options and alternatives when solving problems with physical means, in order to enable inevitable tradeoffs, even if economic variables are involved.*

### **3.1.3. Coerência dos objectivos definidos com a missão e a estratégia da instituição de ensino.**

*Esta formação visa a qualificação ao nível de doutoramento de profissionais com formação científica e tecnológica avançada em diferentes áreas da engenharia e das tecnologias físicas, numa perspectiva de interação e de ligação aos mercados de emprego e à sociedade, tanto numa perspectiva de inovação e empreendedorismo, como de disponibilização de serviços baseados em competências avançadas, preparando carreiras de investigação e desenvolvimento em ciências aplicadas, tecnologia avançada e engenharia. Constitui a continuação natural da oferta de formação decorrente do Mestrado Integrado (MI) em Engenharia Física (MIEF).*

*Este 3º ciclo em conjunto com o MIEF e outros MI's da FCUL – designadamente um outro MI do Departamento de Física em Eng<sup>a</sup> Biomédica e Biofísica - completa a oferta da FCUL no domínio da Física Aplicada, reforçando a posição desta Unidade Orgânica na Área Estratégica de Ciências e Tecnologia da Universidade de Lisboa – de modo a desenvolver o pilar “Tecnologia”.*

*Este ciclo contribui para executar a missão e estratégia da FCUL. De acordo com os princípios consignados nos seus Estatutos, a FCUL é uma instituição de criação, transmissão e difusão da ciência e da tecnologia, baseada no estímulo à inovação e à competitividade e no compromisso com a modernização da sociedade.*

*O modelo para este 3º ciclo traduz a arquitectura assumida pela FCUL para a sua acção nas áreas das Engenharias e das Ciências da Engenharia, pugnando pela estruturação do conhecimento e das competências em 4 níveis:*

*- o nível I dos CONHECIMENTOS FUNDAMENTAIS que, em domínios pertinentes, serão desenvolvidos através de trabalho pessoal e orientado, de modo a proporcionar um nível mais elevado de compreensão, formalização e controlo operacional;*

*- o nível II das TECNOLOGIAS, em que o estudante fará uma escolha das tecnologias relevantes para a solução do problema principal sobre o qual incidirá a sua investigação e dissertação;*

*- o nível III, SISTÉMICO, em que o estudante será orientado para desenvolver a capacidade de especificação e de integração de sistemas, realizando escolhas entre alternativas nem sempre de natureza científica mas que nem por isso são menos relevantes para a atitude profissional do engenheiro físico;*

*- o nível IV, das APLICAÇÕES E MERCADOS, em que o estudante entenderá os contextos económicos e/ou de desenvolvimento, à escala internacional e nacional, em que as competências que desenvolveu podem ser utilizadas.*

*Ao longo dos 3 ou 4 anos deste ciclo de estudos, deseja-se que, em conjunto com o orientador, o estudante seja capaz de conhecer bem um grande sector carente de desenvolvimentos tecnológicos de base física, seja por estratégia de desenvolvimento, seja pela exploração das oportunidades que se vão abrindo nacional ou internacionalmente, de modo a assumir-se como engenheiro, tecnólogo ou profissional, com uma função económica nas cadeias de valor baseadas no conhecimento dos fenómenos e processos físicos.*

### **3.1.3. Coherence of the defined objectives with the institution's mission and strategy.**

*The objective of this PhD program – is the specialized training of skilled professionals with scientific and technological background in different areas of physical-based engineering and technologies, in a context of innovation and entrepreneurship or to supply services based on high tech capabilities and knowledge, oriented towards research and development in applied sciences, high tech and engineering. From a student perspective, this program completes naturally the initial training provided by the Integrated Master program in Engineering Physics (MIEF).*

*This Phd program, together with MIEF and the Integrated Masters (IM) of FCUL – in particular the IM in Biomedical and Biophysics Engineering, of the Physics Department - completes the offer of FCUL in Applied Physics, enhancing the role of FCUL within the University of Lisbon strategic area of Sciences and Technology (emphasis on “Technology”).*

*This program is also in line with the mission and strategy of FCUL, as stated in its statutes: to create, transfer and disseminate science and technology, by fostering innovation and competitiveness, in order to endorse its responsibilities to build a modern*

society.

*The architecture of this program fully complies with the architecture defined by FCUL for its training activity in the areas of Engineering and Engineering Sciences, where knowledge and competences should be organized in 4 levels:*

*- Level I: KNOWLEDGE BASE; in specific fields, new knowledge will be developed by personal work in order to reach a higher level of understanding, abstraction, mathematical description and operational control;*

*- Level II: TECHNOLOGIES; the student will inevitably select the most important technologies to solve the problems and to demonstrate his skills as a researcher, solving problems and documenting his achievements in the dissertation;*

*Level III: SYSTEMS; the student must be steered to learn how to specify and integrate systems, making not only scientific tradeoffs but other tradeoffs (concerning costs, for example);*

*Level IV: APPLICATIONS AND MARKETS. The student will be steered to understand the national or international economical and/or development contexts, as preferential targets where he should make good use of his capabilities and skills.*

*During this program ( 3 or 4 years ) , it is expected that the student will understand in detail at least one large sector of activity which requests / purchases new physical-based technological developments, its strategy or opportunistic exploitation of niche needs, in order to fully understand how he can play its role as engineer, technologist or professional, in the supply chains based on in-depth understanding of physical processes and phenomena.*

### **3.2. Adequação ao Projecto Educativo, Científico e Cultural da Instituição**

#### **3.2.1. Projecto educativo, científico e cultural da instituição.**

*A Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), foi criada em 1911 com a dupla missão de ensino e de promoção da investigação. A FCUL assume como missões principais o ensino, a investigação e a transferência do conhecimento e da inovação nas áreas das ciências exactas e naturais e das tecno-ciências, bem como a produção, a difusão e a partilha de culturas, estimulando a abertura permanente à sociedade civil, através da transferência de conhecimentos e da interligação com os agentes sociais e económicos.*

*A FCUL assume o compromisso de estimular sinergias e interactividade entre ensino e investigação, os quais desenvolve de acordo com os mais exigentes padrões de qualidade e excelência e no respeito pelos valores fundamentais da liberdade de expressão e de pensamento. A Faculdade promove as melhores condições para o pleno desenvolvimento de capacidades e talentos e encoraja uma cultura de aprendizagem permanente, valorizando o pensamento crítico e a autonomia intelectual.*

*Finalmente, a FCUL, consciente da evolução dos paradigmas decorrente da apreensão da complexidade dos sistemas que afectam a Humanidade, e desejando assumir a sua própria responsabilidade na evolução e superação dos problemas colocados pela moderna sociedade tecnológica, pretende valorizar a base de conhecimentos científicos fundamentais que detém em todas as áreas das ciências exactas e naturais (ciências físicas, químicas, da vida e da Terra, bem como a matemática), através de abordagens que as mobilizem em paralelo e de todas as tecnologias e ferramentas que tornam operacional este conhecimento, sem prejuízo da devida interacção com valências que não possui mas às quais possa aceder através de colaborações estratégicas.*

*Nestes termos, a FCUL postula que a integração dos estudantes – designadamente nos últimos anos dos diversos ciclos de estudo – nas actividades de investigação e desenvolvimento que executa, constitui uma oportunidade única para estes e assegura a integridade e adequada contextualização da formação que a Faculdade proporciona.*

#### **3.2.1. Institution's educational, scientific and cultural project.**

*The Faculty of Sciences of University of Lisbon (FCUL) was created in 1911 with the double objective of developing the high level teaching in natural and exact sciences and fostering the research activity in these areas. According to its Statutes (2009) the FCUL assumes as main missions, the teaching, the research, the transfer of knowledge and innovation in natural and exact sciences as well as in tecno-sciences, and also the production, the diffusion and the share of cultures, stimulating a permanent contact with society through the transfer of the accumulated knowledge and the interaction with the social and economical agents.*

*The FCUL is committed to stimulate synergies and interaction between education and research, developing both in accordance with the most demanding standards of quality and excellence and in the respect for the basic individual values of thought and liberty of speech. The Faculty guarantees the best conditions for the development of individual capacities and competencies and encourages a culture of permanent learning, valuing the critical thought and the intellectual autonomy.*

*Finally, the FCUL is well aware of the evolution of the paradigms stemming from the increased and perceived complexity of the systems backing the organization of the Humanity. Willing to assume its share to overcome the critical problems confronting the modern and technological society, the Faculty strives to disseminate its strong scientific background in all areas of exact and natural sciences (physics, chemistry, life sciences, earth sciences, as well as mathematics) by promoting their interaction and multi-disciplinary approaches, as well as all the technologies needed to make this knowledge work in practice – notwithstanding the strategic cooperation with others with complementary skills and capabilities.*

*It is therefore assumed, and encouraged, that the participation of students – especially those completing their degrees – in FCUL research and development activities is an unique and invaluable opportunity for them and provides the adequate contextualization for their academic life before their fully integration in the society.*

#### **3.2.2. Demonstração de que os objectivos definidos para o ciclo de estudos são compatíveis com o projecto educativo, científico e cultural da instituição.**

*A Engenharia Física confere formação a nível do desenvolvimento e uso de sistemas, equipamentos, instrumentos, materiais, metrologia e controlo em áreas menos enquadradas nas engenharias tradicionais. Nos domínios da física clássica e da física moderna, mesmo a mais recente – são inúmeros os desenvolvimentos operacionais baseados em tecnologias desenvolvidas nos últimos 10 anos, exigindo permanente actualização e familiaridade com conceitos recentes e complexos. Os anos iniciais do século XXI têm permitido a implementação de ideias da mais pura ficção científica há apenas 2 décadas, mesmo em termos da*

*identificação de áreas de negócio potenciais.*

*Do manto da invisibilidade do Harry Potter, à transmissão de informação baseada nas propriedades exóticas das ondas quânticas, à contagem dos átomos de silício numa esfera – na eventual criação de novo padrão primário de massa – quase tudo já não é ficção. Quase de repente, assiste-se um pouco por todo o lado a interações entre físicos teóricos e tecnólogos para demonstrar em laboratório o que seria apenas uma “experiência pensada” num passado recente.*

*Não há formação de engenharia “tradicional” que possa encapsular todo este gigantesco potencial de conhecimentos, criando-se portanto um novo lugar para as escolas de ciência fundamental, como a FCUL, que não é, nem quer ser, uma escola de engenharia tradicional e em concorrência com estas últimas. Neste sentido, este programa doutoral insere-se plenamente no projecto educativo, científico e cultural da FCUL: assumir a complexidade da base física fundamental de problemas emergentes de potencial económico e apostar na operacionalização tecnológica do saber fundamental. Os métodos, meios e conteúdos de ensino fixados são estabelecidos de modo a proporcionar uma formação sólida e abrangente e promover o desenvolvimento das capacidades dos formandos, numa perspectiva de aprendizagem permanente e de valorização do pensamento crítico.*

*O programa introduz ainda componentes de formação que visam o desenvolvimento de capacidades e competências directamente relacionadas com uma futura intervenção na sociedade, proporcionando um conhecimento das problemáticas relacionadas com a inovação tecnológica e um contacto com as áreas de aplicação, em estreita ligação com lab. de investigação e desenvolvimento, assim como instituições e empresas de base tecnológica.*

*A FCUL integra cerca de 400 docentes e o Dep Fís - responsável p/ este programa - 63 doc e inv doutorados (6 Prof.Cated. e 3 Inv.Coord; 4 Prof.Ass c/ Agreg; 5 Prof.Assoc, 1 Inv.Princ; 4 Prof.Aux c/ Agreg; 13 Prof.Aux e 23 Inv.Aux; Conv: 3 Prof.Aux. e 1 Inv.Aux).*

*Com o seu vasto potencial científico, FCUL e DF disponibilizarão os recursos necessários e as colaborações adequadas p/ garantir a qualidade científica da formação, de acordo com os padrões de qualidade e excelência da Escola, em colaboração com instituições que complementem a FCUL, com as quais existe prática de I&D e docência conjuntas.*

### **3.2.2. Demonstration that the study cycle's objectives are compatible with the institution's educational, scientific and cultural project.**

*Physical Engineering provides adequate training to develop and use systems, instruments, equipments, materials, metrology and control in several areas not so well covered or included in the traditional branches of engineering. There are many innovative and recent developments based on both classical and modern physics derived technologies (even less than 10 years old), which require updated information and familiarity with brand new and complex physical concepts. In the initial few years of the XXI century, science fiction ideas have become actual laboratory implementations looking for business opportunities.*

*From Harry Potter invisibility fabrics, to the secure transmission of information based on quantum probability waves exotic properties, to the actual implementation of new mass standards based on counting silicon atoms, many fiction concepts have already somehow materialized. We are suddenly confronted with a new wave of in-depth discussions between theoretical physicists and technologists trying to demonstrate at laboratory level what might have been called "thought experiments" not so long time ago.*

*No conventional training in traditional engineering can cope with this tremendous set of basic knowledge on their way to the applications. There is therefore a new arena for basic science schools, such as FCUL, which is not (and does not want to be) just another school of engineering. This PhD program is therefore fully compliant with FCUL educational, scientific and cultural project: to encompass the complexity of the physical basis of a new generation of emerging problems and challenges with potential impact, and to bet on how to make basic knowledge work in practice.*

*In accordance with the FCUL principles and mission, the syllabus and teaching methods are selected in order to develop the capacities and competencies related to innovation and to the future intervention of the students in society, allowing them to contact and interact with different application areas in relation with other scientific institutions, R&D laboratories and technological based companies.*

*FCUL integrates 400 teachers (85% PhD) and the Physics Department 63 teachers and researchers all PhD (6 Prof Cated and 3 Coord. Scientists; 4 Prof. Ass. w/ Habilitation; 5 Prof. Ass., 1 Princ. Scientist; 4 Prof. Aux. c/ Habilitation; 13 Prof. Aux. e 23 Aux. Scientist; Invited: 3 Prof. Aux., 1 Aux. Scientist)*

*Using this large scientific potential, FCUL and the Physics Department - which is in charge of this PhD program - will make available the human and material resources, undertaking an effective interaction with the associated research units as a way to ensure scientific quality, in agreement with the standards of quality and excellence established at FCUL. Cooperation with external institutions which already cooperate with FCUL in research and teaching will be promoted.*

### **3.3. Unidades Curriculares**

#### **Anexo IV - Microelectrónica**

##### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Microelectrónica*

##### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*Guiomar Gaspar de Andrade Evans*

##### **3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*José António Soares Augusto*

##### **3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Introduzir as tecnologias de fabrico de circuitos integrados e estudar, a nível avançado, alguns blocos electrónicos e os*

*problemas associados à sua implementação.*

### **3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*To introduce technologies for manufacturing integrated circuits and study, at an advanced level, several electronic blocks and issues related to its implementation.*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Tecnologias de Fabrico de Circuitos Integrados. Etapas de Fabrico.*

*Transistores MOS: Modelos (Efeito de Corpo, Efeitos de Canal Curto, e outros) e Modos de Operação.*

*Circuitos Avançados: Circuitos com Condensadores Comutados, Osciladores, Malhas de Captura de Fase, e outros. Projecto de Circuitos Analógicos e Digitais.*

### **3.3.5. Syllabus:**

*Manufacturing Technologies for Integrated Circuits. Manufacturing Steps.*

*MOS transistors: Models (Body Effect, Short-Channel Effects, and others.) and Modes of Operation.*

*Advanced Circuits: Switched Capacitor Circuits, Oscillators, Phase Locked Loops, and others. Design of Analog and Digital Circuits.*

### **3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*São inexistentes os domínios de acção do Engenheiro Físico que não incluam o desenvolvimento, adaptação ou utilização adequada de instrumentos (sensores, electrónica e processamento) em sistemas de medida, de processamento ou de controlo complexos.*

*Na área genérica da Instrumentação, este programa doutoral pretende dotar os alunos de noções avançadas de matérias essenciais à Instrumentação, concretamente circuitos microelectrónicos.*

*Em função da formação anterior e do plano de trabalhos individual, cada estudante será orientado para aspectos específicos, de modo a consolidar ou obter, a um nível avançado, os conhecimentos necessários.*

### **3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*The practical activity of the Physical Engineer always includes the development, adaptation or utilization of instruments (sensors, electronics and processing) in measurement, processing or control complex systems.*

*The objective of this PhD program in the general area of Instrumentation is to provide to the PhD candidates the advanced concepts of topics essential to Instrumentation, particularly microelectronic circuits.*

*Depending on previous training and individual work plan, each student will be guided to acquire or improve his knowledge in specific subjects to consolidate, to an advanced level, the knowledge obtained in previous cycles.*

### **3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas, aulas práticas e realização de um projecto.*

*Avaliação*

*Realização de trabalhos/projectos; avaliação contínua da prática laboratorial; exame final.*

### **3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Lectures, practical sessions and implementation of a project.*

*Evaluation*

*Implementation of small projects; laboratory work; final exam.*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*As metodologias de ensino e de avaliação propostas estão adaptadas à maturidade cultural e intelectual esperada para os candidatos a Doutores, e foram definidas em sintonia com os objectivos da disciplina, que consistem em fornecer-lhes conhecimentos essenciais para a área da Instrumentação.*

### **3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*The envisaged teaching and assessment methodologies are well adapted to the cultural and intellectual maturity expected from prospective PhD students, and were defined in order to provide them with essential knowledge in the area of Instrumentation.*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

*Johns, Martin, "Analog Integrated Circuit Design", Wiley, 1997.*

*Gray, Hurst, Lewis and Meyer, "Analysis and Design of Analog Integrated Circuits", 4th Edition, Wiley, 2001.*

*Tsividis, "Operations and Modeling of the MOS Transistor", 2nd Edition, Oxford University Press, 1999.*

## **Anexo IV - Instrumentos Virtuais e Sistemas Automáticos de Medida**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Instrumentos Virtuais e Sistemas Automáticos de Medida*

### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*Guiomar Gaspar de Andrade Evans*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*José António Soares Augusto*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Introduzir o ambiente de desenvolvimento LabView e a sua utilização em sistemas automáticos de medida.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*To introduce the LabView development environment and its use in automated measurement systems.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Conceitos Fundamentais.*

*Introdução ao Ambiente de Desenvolvimento LabVIEW - Linguagem de Programação Gráfica (G).*

*Barramentos de Comunicação em Instrumentação.*

*Exemplos de Aplicações em LabVIEW.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Fundamental Concepts.*

*Introduction to the LabVIEW Development Environment - Graphical Programming Language (G).*

*Communication buses for Instrumentation.*

*Examples of applications in LabVIEW.*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*São inexistentes os domínios de acção do Engenheiro Físico que não incluam o desenvolvimento, adaptação ou utilização adequada de instrumentos (sensores, electrónica e processamento) em sistemas de medida, de processamento ou de controlo complexos.*

*Na área genérica da Instrumentação, este programa doutoral pretende-se dotar os alunos de noções avançadas de matérias essenciais à Instrumentação, concretamente instrumentos virtuais e automáticos.*

*Em função da formação anterior e do plano de trabalhos individual, cada estudante será orientado para aspectos específicos de modo a consolidar ou obter, a um nível avançado, os conhecimentos necessários.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The practical activity of the Physical Engineer always includes the development, adaptation or utilization of instruments (sensors, electronics and processing) in measurement, processing or control complex systems.*

*The objective of this PhD program in the general area of Instrumentation is to provide to the PhD candidates the advanced concepts of topics essential to Instrumentation, particularly virtual and automatic Instruments.*

*Depending on previous training and individual work plan, each student will be guided to acquire or improve his knowledge in specific subjects to consolidate, to an advanced level, the knowledge obtained in previous cycles.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas, aulas práticas e realização de um projecto.*

*Avaliação*

*Realização de trabalhos/projectos; avaliação contínua da prática laboratorial; exame final.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Lectures, practical sessions, and implementation of a project.*

*Evaluation*

*Implementation of small projects; laboratory work; final exam.*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*As metodologias de ensino e de avaliação propostas estão adaptadas à maturidade cultural e intelectual esperada para os candidatos a Doutores, e foram definidas em sintonia com os objectivos da disciplina, que consistem em fornecer-lhes conhecimentos essenciais para a área da Instrumentação.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*The envisaged teaching and assessment methodologies are well adapted to the cultural and intellectual maturity expected from prospective PhD students, and were defined in order to provide them with essential knowledge in the area of Instrumentation.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*G. Johnson and R. Jennings, "LabVIEW Graphical Programming", 4th Edition, McGraw-Hill, 2006.*

*R. Bitter, T. Mohiuddin and M. Nawrocki, "LabView: Advanced Programming Techniques", 2nd Edition, CRC Press, 2006.*

## Anexo IV - Técnicas Avançadas de Controlo

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Técnicas Avançadas de Controlo*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*José António Soares Augusto*

**3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*Guiomar Gaspar de Andrade Evans*

*José António Avelos Dias Gomes*

**3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Dotar os alunos de conhecimentos de controlo capazes de lhes permitir o projecto de controladores em ambientes e situações reais e distantes do modelo linear "ideal".*

**3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*Provide the students with skills that can enable them to design controllers in real situations and environments and far away from the linear "ideal" model.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Projecto de controladores por colocação de pólos.*

*Tópicos de controlo não linear.*

*Tópicos de controlo adaptativo.*

*Tópicos de controlo óptimo determinístico e estocástico.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Design of controllers with pole placement.*

*Topics in nonlinear control.*

*Topics in adaptive control. T*

*opics in deterministic and stochastic optimal control.*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*São inexistentes os domínios de acção do Engenheiro Físico que não incluam o desenvolvimento, adaptação ou utilização adequada de instrumentos (sensores, electrónica e processamento) em sistemas de medida, de processamento ou de controlo complexos.*

*Na área genérica da Instrumentação, este programa doutoral pretende-se dotar os alunos de noções avançadas de matérias essenciais à Instrumentação, concretamente controlo.*

*Em função da formação anterior e do plano de trabalhos individual, cada estudante será orientado para aspectos específicos de modo a consolidar ou obter, a um nível avançado, os conhecimentos necessários.*

**3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*The practical activity of the Physical Engineer always includes the development, adaptation or utilization of instruments (sensors, electronics and processing) in measurement, processing or control complex systems.*

*The objective of this PhD program in the general area of Instrumentation is to provide to the PhD candidates the advanced concepts of topics essential to Instrumentation, particularly control.*

*Depending on previous training and individual work plan, each student will be guided to acquire or improve his knowledge in specific subjects to consolidate, to an advanced level, the knowledge obtained in previous cycles.*

**3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas, aulas práticas e realização de um projecto.*

*Avaliação*

*Realização de trabalhos/projectos; avaliação contínua da prática laboratorial; exame final.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Lectures, practical sessions and implementation of a project.*

*Evaluation*

*Implementation of small projects; laboratory work; final exam.*

**3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*As metodologias de ensino e de avaliação propostas estão adaptadas à maturidade cultural e intelectual esperada para os candidatos a Doutores, e foram definidas em sintonia com os objectivos da disciplina, que consistem em fornecer-lhes conhecimentos essenciais para a área da Instrumentação.*

**3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*The envisaged teaching and assessment methodologies are well adapted to the cultural and intellectual maturity expected from prospective PhD students, and were defined in order to provide them with essential knowledge in the area of Instrumentation.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*C. T. Chen, "Analog and Digital control system Design", Saunders/HBJ, 1993.*

*K. Astrom, B. Wittenmark, "Adaptive Control (2nd ed.)", Prentice-Hall, 1991.*

*J. Slotine, W. Li, "Applied Nonlinear Control", Prentice-Hall, 1991.*

## Anexo IV - Ruído em Sistemas Electrónicos

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Ruído em Sistemas Electrónicos*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*José António Soares Augusto*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*Guiomar Gaspar de Andrade Evans*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Apresentar um conjunto de técnicas de análise de ruído, e de síntese de circuitos e sistemas electrónicos tolerantes a ruído ou em que o efeito deste seja minimizado.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*To present a set of techniques for noise analysis, and synthesis of circuits and electronic systems tolerant to noise or where noise effects are minimized.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Revisão de fontes de ruído: intrínsecas e externas.*

*Análise de circuitos com fontes de ruído.*

*Técnicas de redução de ruído induzido: blindagem. Eficácia de componentes e de blindagens.*

*Ruído em circuitos digitais e mistos.*

*Técnicas de projecto de circuitos analógicos com baixo ruído em baixas e em altas frequências.*

*Medidas de ruído e instrumentação.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Review of sources of noise: intrinsic and external.*

*Analysis of circuits with noise sources.*

*Techniques for reducing induced noise: shielding. Effectiveness of components and shielding.*

*Noise in digital and mixed circuits.*

*Design techniques of analog circuits with low noise at low and high frequencies.*

*Noise measurements and instrumentation.*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*São inexistentes os domínios de acção do Engenheiro Físico que não incluam o desenvolvimento, adaptação ou utilização adequada de instrumentos (sensores, electrónica e processamento) em sistemas de medida, de processamento ou de controlo complexos.*

*Na área genérica da Instrumentação, este programa doutoral pretende-se dotar os alunos de noções avançadas de matérias essenciais à Instrumentação, concretamente gestão de ruído.*

*Em função da formação anterior e do plano de trabalhos individual, cada estudante será orientado para aspectos específicos de modo a consolidar ou obter, a um nível avançado, os conhecimentos necessários.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The practical activity of the Physical Engineer always includes the development, adaptation or utilization of instruments (sensors, electronics and processing) in measurement, processing or control complex systems.*

*The objective of this PhD program in the general area of Instrumentation is to provide to the PhD candidates the advanced concepts of topics essential to Instrumentation, particularly noise management.*

*Depending on previous training and individual work plan, each student will be guided to acquire or improve his knowledge in specific subjects to consolidate, to an advanced level, the knowledge obtained in previous cycles.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas, aulas práticas e realização de um projecto.*

*Avaliação*

*Realização de trabalhos/projectos; avaliação contínua da prática laboratorial; exame final.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Lectures, practical sessions and implementation of a project.*

*Evaluation*

*Implementation of small projects; laboratory work; final exam.*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*As metodologias de ensino e de avaliação propostas estão adaptadas à maturidade cultural e intelectual esperada para os candidatos a Doutores, e foram definidas em sintonia com os objectivos da disciplina, que consistem em fornecer-lhes*

*conhecimentos essenciais para a área da Instrumentação.*

**3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*The envisaged teaching and assessment methodologies are well adapted to the cultural and intellectual maturity expected from prospective PhD students, and were defined in order to provide them with essential knowledge in the area of Instrumentation.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*H. Ott, "Noise Reduction Techniques in Electronic Systems", Wiley, 1976.*

*C. Motchenbacher, F. Fitchen, "Low Noise Electronic Design", Wiley, 1973.*

*H. Johnson, M. Graham, "High-Speed Digital Design, a Handbook of Black Magic", Prentice-Hall, 1993*

**Anexo IV - Processamento Estatístico de Sinais**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Processamento Estatístico de Sinais*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*José António Soares Augusto*

**3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*Guiomar Gaspar de Andrade Evans*

*José António Alvelos Dias Gomes*

**3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Ampliar os conhecimentos dos alunos em Processamento de Sinais de forma a lidar com sinais estocásticos e com sistemas óptimos.*

**3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*To enlarge student's knowledge in signal processing, in order to deal with stochastic signals and optimal systems.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Sinais e processos estocásticos em tempo discreto.*

*Modelação de sinais. A recursão de Levinson. Filtro de Wiener. Filtro de Kalman.*

*Estimação espectral.*

*Filtros adaptativos.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Signals and stochastic processes in discrete time.*

*Modeling of signals. Levinson recursion. Wiener filter. Kalman filter.*

*Spectral estimation.*

*Adaptive filters.*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*São inexistentes os domínios de acção do Engenheiro Físico que não incluam o desenvolvimento, adaptação ou utilização adequada de instrumentos (sensores, electrónica e processamento) em sistemas de medida, de processamento ou de controlo complexos.*

*Na área genérica da Instrumentação, este programa doutoral pretende-se dotar os alunos de noções avançadas de matérias essenciais à Instrumentação, concretamente processamento estatístico de sinais.*

*Em função da formação anterior e do plano de trabalhos individual, cada estudante será orientado para aspectos específicos de modo a consolidar ou obter, a um nível avançado, os conhecimentos necessários.*

**3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*The practical activity of the Physical Engineer always includes the development, adaptation or utilization of instruments (sensors, electronics and processing) in measurement, processing or control complex systems.*

*The objective of this PhD program in the general area of Instrumentation is to provide to the PhD candidates the advanced concepts of topics essential to Instrumentation, particularly statistical signal processing.*

*Depending on previous training and individual work plan, each student will be guided to acquire or improve his knowledge in specific subjects to consolidate, to an advanced level, the knowledge obtained in previous cycles.*

**3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas, aulas práticas e realização de um projecto.*

*Avaliação*

*Realização de trabalhos/projectos; avaliação contínua da prática laboratorial; exame final.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Lectures, practical sessions and implementation of a project.*

## Evaluation

Implementation of small projects; laboratory work; final exam.

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*As metodologias de ensino e de avaliação propostas estão adaptadas à maturidade cultural e intelectual esperada para os candidatos a Doutores, e foram definidas em sintonia com os objectivos da disciplina, que consistem em fornecer-lhes conhecimentos essenciais para a área da Instrumentação.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*The envisaged teaching and assessment methodologies are well adapted to the cultural and intellectual maturity expected from prospective PhD students, and were defined in order to provide them with essential knowledge in the area of Instrumentation.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*M. Hayes, "Statistical Digital Signal Processing and Modeling", Wiley, 1996.*

*T. Katayama, S. Sugimoto, "Statistical Methods in Control & Signal Processing", Marcel Dekker, 1997.*

## Anexo IV - Técnicas Avançadas de Espectroscopia Atómica e Molecular

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Técnicas Avançadas de Espectroscopia Atómica e Molecular*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*Maria Luísa Dias de Carvalho de Sousa Leonardo*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*Pedro Manuel Ferreira Amorim*

*José Manuel Pires Marques*

*Jorge Miguel de Brito Almeida Sampaio*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Obtenção de conhecimentos sólidos sobre transições atómicas, análise de espectros e métodos quantitativos de análise.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*The main objectives are the acquisition of solid grounds on atomic physics, spectra analysis and quantitative analysis.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Espectroscopia de raios X. Teoria dos espectros de emissão*

*Difracção de raios X (XRD)*

*Fluorescência de raios X, dispersivo em comprimento de onda e em energia*

*Técnicas de microanálise*

*Métodos quantitativos de análise.*

### 3.3.5. Syllabus:

*X – rays spectroscopy, Theory of emission spectra,*

*X – rays diffraction (XRD),*

*Energy and wavelength dispersive x ray fluorescence analysis,*

*Microanalysis techniques,*

*Quantitative analysis methods.*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*Se existe um domínio em que a necessidade de métodos não destrutivos mais fácil é de demonstrar, é certamente o da caracterização do património cultural. De um modo geral, aliás, o mesmo se aplica a todas as técnicas de natureza forense, que procuram extrair informação relevante com base em indícios, normalmente existentes em pequenas quantidades e em contextos físicos e químicos complexos, mas todavia, analisáveis através de técnicas analíticas poderosas.*

*É um domínio natural para o Engenheiro Físico dotado de formação avançada a um nível de Doutoramento, e onde, inevitavelmente, existe uma necessidade nacional (seja ao nível da gestão do património cultural, seja ao nível da investigação forense) bem como uma necessidade de harmonização de metodologias a nível internacional – dadas em particular as características das actividades relativas à fraude ou simplesmente criminosas.*

*Neste sentido, as espectroscopias (atómica e molecular) constituem técnicas poderosas, mas inutilizáveis sem a formação avançada como a que este programa doutoral constitui. São técnicas comuns à física e à química, associadas a conjuntos de conhecimentos distintos mas complementares nas aplicações, e objecto de uma intervenção sistemática das unidades de investigação da FCUL.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*There are some areas in which there is a wide consensus concerning the need for non-destructive testing. The science backing the management of cultural heritage is certainly one of them. In general, the same can be said concerning all the forensic-like techniques, which extract relevant information from minute quantities of matter, typically under complex physical and chemical contexts, but, still, prone to analysis with suitable and powerful analytical techniques.*

*These are natural arena for the Physical Engineer with advanced training at doctoral level. Usually the need is local, national (be it at the level of cultural heritage or forensic), although the need for international cooperation and methodological harmonization is huge – in view of the characteristics of the fraud or just criminal activities worldwide in such areas.*

*In such context, spectroscopy (atomic and nuclear) is a powerful technique requiring nevertheless in depth expertise in physics*

and problem solving, the very goals of this PhD program in Physical Engineering. Spectroscopy is shared by physicists and chemists alike, with different but complementary roles in every application. Spectroscopy has long been an area of research and applications at the R&D FCUL units implementing this PhD program.

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas sobre os fundamentos necessários para a execução e/ou desenvolvimento de aplicações em laboratório.*

*Estas aplicações poderão constituir parte da avaliação, assim como um exame final escrito sobre a matéria dada.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Theoretical courses on the scientific grounds needed to the realization or implementation of laboratory applications.*

*The final assessment will be a written test and/or the accomplishment of a laboratory task.*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*Os conteúdos desta UC, no contexto deste programa doutoral em Eng. Física, dividem-se em duas vertentes, a vertente teórica, ministrada em aulas próprias e aulas de laboratório.*

*Tratando-se de um Doutoramento em Engenharia Física, a componente laboratorial terá uma grande relevância para que o aluno possa realizar um projecto que incida nestas matérias. Nesta parte será dada ênfase a toda a cadeia de processamento, desde a obtenção dos dados até ao seu tratamento, uma vez que o Doutoramento deve conhecer toda a linha de procedimentos que utiliza. No entanto é essencial que haja fundamentos teóricos sólidos, capazes de conduzir e justificar as opções técnicas realizadas, pelo que a componente teórica, que é essencial, tem de ser articulada com a componente experimental.*

*Em particular, em todas as aplicações relativas a ensaios e análises de objectos e materiais relevantes de Património Cultural - em que os sistemas a analisar podem ser muito diferentes entre si - é necessário salvaguardar uma flexibilidade metodológica, bem apoiada na base de conhecimentos, que viabilize a selecção dos métodos mais adequados e mais eficazes, mas sempre dando especial relevo à instrumentação utilizada para cada um dos fins.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*The contents of this unit of this PhD program in Physical Engineering are divided theoretical and laboratorial. The laboratorial component will be extremely relevant for a Physical Engineer, and the student will have to develop a practical project, encompassing the complete processing chain, from data acquisition up to data digesting - the PhD student must prove be able to control the complete sequence of actions needed to solve the practical problem.*

*Nevertheless the existence of theoretical grounds, to justify the technical options, is very important, so, the teaching of the connected theory is essential. The connection of the two parts of the knowledge must lead to a deep understanding of the studies program of this unit.*

*In particular, for Cultural Heritage applications, the systems to analyze can be very different from each other, so, there is a need of choice among the several methods available, that only a good knowledge of the full panoply can allow. In these conditions, the methodologies must be flexible enough and a special emphasis on the instrumentation will be enforced.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Handbook of X Ray Spectrometry, R. Van Grieken and A. Markowicz*

*X Ray Spectroscopy; Azaroff*

*Non-destructive microanalysis of cultural heritage microanalysis, Ed by K. Janssens and R. Van Grieken, 2004*

## Anexo IV - Métodos Avançados de Análise Química

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Métodos Avançados de Análise Química*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*José Manuel Nogueira*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*Maria Luísa Dias de Carvalho de Sousa Leonardo*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Obtenção de conhecimentos sólidos sobre os conceitos e técnicas de análise química mais utilizados no estudo elementar e molecular de materiais orgânicos e inorgânicos.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*The objectives of this unit are the acquisition of solid knowledge on chemical analysis concepts, as well as its techniques, often employed in the elemental and molecular study of both inorganic and organic materials.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Espectroscopia de absorção atómica (AAS) e plasma indutivo acoplado (ICP),*

*Ressonância magnética nuclear (NMR),*

*Espectroscopia vibracional (FTIR e Raman),*

*Espectroscopia do ultravioleta, Reflectometria de infravermelho.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Atomic absorption spectroscopy (AAS) and inductive coupled plasma (ICP),*

*Nuclear magnetic resonance (NMR),*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*Se existe um domínio em que a necessidade de métodos não destrutivos mais fácil é de demonstrar, é certamente o da caracterização do património cultural. De um modo geral, aliás, o mesmo se aplica a todas as técnicas de natureza forense, que procuram extrair informação relevante com base em indícios, normalmente existentes em pequenas quantidades e em contextos físicos e químicos complexos, mas todavia, analisáveis através de técnicas analíticas poderosas.*

*É um domínio natural para o Engenheiro Físico dotado de formação avançada a um nível de Doutoramento, e onde, inevitavelmente, existe uma necessidade nacional (seja ao nível da gestão do património cultural, seja ao nível da investigação forense) bem como uma necessidade de harmonização de metodologias a nível internacional – dadas em particular as características das actividades relativas à fraude ou simplesmente criminosas.*

*Neste sentido, as espectroscopias (atómica e molecular) constituem técnicas poderosas, mas inutilizáveis sem a formação avançada como a que este programa doutoral constitui. São técnicas comuns à física e à química, associadas a conjuntos de conhecimentos distintos mas complementares nas aplicações, e objecto de uma intervenção sistemática das unidades de investigação da FCUL.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*There are some areas in which there is a wide consensus concerning the need for non-destructive testing. The science backing the management of cultural heritage is certainly one of them. In general, the same can be said concerning all the forensic-like techniques, which extract relevant information from minute quantities of matter, typically under complex physical and chemical contexts, but, still, prone to analysis with suitable and powerful analytical techniques.*

*These are natural arena for the Physical Engineer with advanced training at doctoral level. Usually the need is local, national (be it at the level of cultural heritage or forensic), although the need for international cooperation and methodological harmonization is huge – in view of the characteristics of the fraud or just criminal activities worldwide in such areas.*

*In such context, spectroscopy (atomic and nuclear) is a powerful technique requiring nevertheless in depth expertise in physics and problem solving, the very goals of this PhD program in Physical Engineering. Spectroscopy is shared by physicists and chemists alike, with different but complementary roles in every application. Spectroscopy has long been an area of research and applications at the R&D FCUL units implementing this PhD program.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas sobre os fundamentos necessários para a execução e/ou desenvolvimento de aplicações em laboratório.*

*Estas aplicações poderão constituir parte da avaliação, assim como um exame final escrito sobre a matéria dada.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Theoretical courses on the scientific grounds needed to the realization or implementation of laboratory applications.*

*The final assessment will be a written test and/or the accomplishment of a laboratory task.*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*Os conteúdos desta UC, no contexto deste programa doutoral em Eng. Física, dividem-se em duas vertentes, a vertente teórica, ministrada em aulas próprias e aulas de laboratório.*

*Tratando-se de um Doutoramento em Engenharia Física, a componente laboratorial terá uma grande relevância para que o aluno possa realizar um projecto que incida nestas matérias. Nesta parte será dada ênfase a todo a cadeia de processamento, desde a obtenção dos dados até ao seu tratamento, uma vez que o Doutorado deve conhecer toda a linha de procedimentos que utiliza. No entanto é essencial que haja fundamentos teóricos sólidos, capazes de conduzir e justificar as opções técnicas realizadas, pelo que a componente teórica, que é essencial, tem de ser articulada com a componente experimental.*

*Em particular, em todas as aplicações relativas a ensaios e análises de objectos e materiais relevantes de Património Cultural - em que os sistemas a analisar podem ser muito diferentes entre si – é necessário salvaguardar uma flexibilidade metodológica, bem apoiada na base de conhecimentos, que viabilize a selecção dos métodos mais adequados e mais eficazes, mas sempre dando especial relevo à instrumentação utilizada para cada um dos fins.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*The contents of this unit of this PhD program in Physical Engineering are divided theoretical and laboratorial. The laboratorial component will be extremely relevant for a Physical Engineer, and the student will have to develop a practical project, encompassing the complete processing chain, from data acquisition up to data digesting – the PhD student must prove be able to control the complete sequence of actions needed to solve the practical problem.*

*Nevertheless the existence of theoretical grounds, to justify the technical options, is very important, so, the teaching of the connected theory is essential. The connection of the two parts of the knowledge must lead to a deep understanding of the studies program of this unit.*

*In particular, for Cultural Heritage applications, the systems to analyze can be very different from each other, so, there is a need of choice among the several methods available, that only a good knowledge of the full panoply can allow. In these conditions, the methodologies must be flexible enough and a special emphasis on the instrumentation will be enforced.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Analytical Chemistry in Archaeology; Mark Pollrd, Catherine Baul, Ben Stern and Suzanne M.M. Young (Cambridge)  
Introductory Raman Spectroscopy; John R. Ferraro, Kazuo Nakamoto and Chris W. Brown (Elsevier)*

## Anexo IV - Detectores para Física de Altas Energias

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Detectores para Física de Altas Energias*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*Amélia Arminda Teixeira Maio*

**3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*Luís Filipe dos Santos Garcia Peralta  
Agostinho da Silva Gomes*

**3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Esta UC incide sobre os tipos de detectores mais importantes para a Física de Altas Energias, que podem ser encontrados em todas as grandes experiências actuais, e disponibiliza conhecimento básico nos conceitos, técnicas e utilização de detectores de partículas de alta energia.*

**3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*This unit addresses the most important detectors for high energy physics, which can be found in all major current experiments worldwide and provides a solid knowledge on concepts, techniques and actual utilization of detectors of high energy particles.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Conceitos avançados sobre medidas de energia, momento e velocidade de partículas sub-atómicas.  
Detectores de traços, Detectores de luz Cherenkov, Calorimetria.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Advanced concepts on the measurement of energy, momentum and velocity of subatomic particles.  
Tracking detectors, Cherenkov light detectors, calorimetry*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*Trata-se de um domínio que mobiliza equipas enormes de físicos e engenheiros ao longo dos anos, e que constitui, mesmo em Portugal, um sector significativo de actividade (de nicho) das comunidades científica e industrial.*

*Beneficia directamente da existência de uma política científica nacional com o CERN e de inúmeras actividades e oportunidades em medicina nuclear.*

*A física, tecnologias e sistemas que utilizem radiações (radiação X, gama, etc) e feixes de partículas de alta energia, constitui uma peça fundamental de conhecimento para inúmeras áreas de aplicação, da gestão do património e análises não destrutivas, à medicina, às grandes infra-estruturas científicas internacionais (aceleradores, reactores) e a toda a instrumentação que mobilizam e que são tipicamente feitas de acordo com as necessidades de cada aplicação.*

*Esta é uma área em permanente evolução, onde são exigidos sólidos conhecimentos sobre os princípios físicos fundamentais da interacção da radiação e partículas com campos e materiais.*

*Trata-se de um domínio de intervenção natural para o Engenheiro Físico, que deve controlar os sistemas de instrumentação, os detectores e a interpretação do sinal de modo a gerar informação prática.*

*Nesta UC pretende-se fornecer o panorama actual sobre a utilização avançada e sobre o projecto e construção de detectores de radiação e de partículas.*

*Os conteúdos incidem sobre as diversas classes de detectores, abordando de uma forma explícita os métodos mais usados na sua construção.*

*Dada a extensão do campo esta UC centrar-se-á nos tipos de detector mais fundamentais para cada intervalo de energia e grandeza física medida.*

**3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*This is a field in which large teams of physicists and engineers are teamed together for large periods of time. Even in Portugal, this is a relevant area of (niche) activity for the scientific and industrial communities.*

*It benefits directly from the national scientific policy towards CERN and of the potential spinoffs oriented, for example, to nuclear medicine.*

*The physics, technologies and engineering systems coping with radiation (X-ray, gamma, radiation, etc) and high energy particles, do enable a variety of applications from cultural heritage, medicine, large international scientific facilities and infrastructures (accelerator, reactors), as well as the associated instrumentation, which is quite specific and developed according to the specifications and requirements of each applications.*

*This is a constantly evolving area, where a solid knowledge of the fundamental physical principles of radiation interaction with materials and fields is required.*

*It is a natural field of activity for the Physical Engineer, who is supposed to master the instrumentation systems, the detectors and all the processing chain which generates usable information.*

*The goal of this unit is therefore to provide an overview on the current use and advanced design and construction of radiation and particle detectors.*

*The content is focused on the various classes of detectors, addressing explicitly the methods used in their development.*

*Given the large scope of this field, the unit will focus on the most fundamental detector types for each energy range and measured physical quantity.*

**3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas.*

*Análise de um detector existente.*

*Avaliação*

*Realização de exercícios. Apresentação de um trabalho final.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Lectures.*

*Analysis of an existing detector.  
Evaluation  
Exercises. Presentation of a final work.*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*As aulas teóricas serão aulas de exposição sobre o temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes, discutidos exercícios e análises de artigos realizados individualmente pelos estudantes, sob proposta do(s) docente(s) envolvido(s).*

*Estas aulas são complementadas com aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados, e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos com práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica e à actividade operacional.*

*Em concreto, nesta unidade curricular pretende-se fornecer o panorama actual sobre a utilização avançada e sobre o projecto e construção de detectores de radiação e de partículas.*

*Assim é fundamental que o aluno tenha um contacto próximo com as técnicas usadas no desenho e construção de detectores de radiação.*

*No presente estado da arte, as técnicas de simulação computacional ocupam um papel privilegiado quer na concepção dos detectores quer no seu posterior teste e análise de resultados.*

*Assim a análise de um detector real, quer se encontre já construído ou na fase de protótipo em conjugação com a sua simulação Monte Carlo irão permitir a compreensão aprofundada do seu funcionamento.*

### **3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*In the theoretical sessions, the concepts, models and state-of-the-art developments will be discussed with the students, as well as problems and papers analyzed or written by students under supervision of the teachers involved.*

*These sessions will be complemented by laboratorial classes, to correlate theory and experiment, and where students will actually manipulate equipments and sophisticated instruments, to prepare experiments to probe matter with nuclear techniques, to control systems and keep errors under control, and to analyze experimental data and derive information according to theoretical models.*

*This approach (covering the learning and the individual assessment phases) enables students to consolidate their theoretical and practical knowledge, and learn-by experience how to perform research and achieve operational results.*

*Specifically, the goal of this unit is to provide an overview on the current use and advanced design and construction of radiation and particle detectors.*

*It is essential that students have close contact with the techniques used in the design and construction of radiation detectors.*

*In the present state of the art, computer simulation techniques play a key role both in the design of the detectors and in their subsequent testing and analysis of results*

*Thus the analysis of a real detector, whether is already built or is in prototype phase in conjunction with its Monte Carlo simulation will allow the deep understanding of its functioning.*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

*Detectors for Particle Radiation, K. Kleinknecht;  
Introduction to Experimental Particle Physics; Richard C. Fernow*

## **Anexo IV - Simulação Monte Carlo de Detectores**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Simulação Monte Carlo de Detectores*

### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*Luís Filipe dos Santos Garcia Peralta*

### **3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*Jorge Miguel de Brito Almeida Sampaio  
Daniel Galaviz Redondo*

### **3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*São objectivos desta UC a obtenção de conhecimentos sólidos sobre as técnicas de simulação de detectores de radiação e de transporte de partículas. O aluno deverá adquirir a capacidade de construir uma aplicação para a simulação de um detector.*

### **3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*The goal of this unit is to gain solid knowledge on the techniques used in the simulation of radiation detectors and particle transport. The student should acquire the ability to build an application for the simulation of a detector.*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Simulação do transporte de electrões, fótons e hádrons  
Simulação para calorimetria, Simulação em dosimetria avançada  
Programas Monte Carlo de transporte de radiação.*

### **3.3.5. Syllabus:**

*Transport simulation of electrons, photons and hadrons.*

### **3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*Trata-se de um domínio que mobiliza equipas enormes de físicos e engenheiros ao longo dos anos, e que constitui, mesmo em Portugal, um sector significativo de actividade (de nicho) das comunidades científica e industrial.*

*Beneficia directamente da existência de uma política científica nacional com o CERN e com a ESA e de inúmeras actividades e oportunidades em medicina nuclear.*

*A física, tecnologias e sistemas que utilizem radiações (radiação X, gama, etc) e feixes de partículas de alta energia, constitui uma peça fundamental de conhecimento para inúmeras áreas de aplicação, da gestão do património e análises não destrutivas, à medicina, às grandes infra-estruturas científicas internacionais (aceleradores, reactores) e a toda a instrumentação que mobilizam e que são tipicamente feitas de acordo com as necessidades de cada aplicação.*

*Esta é uma área em permanente evolução, onde são exigidos sólidos conhecimentos sobre os princípios físicos fundamentais da interacção da radiação e partículas com campos e materiais.*

*Trata-se de um domínio de intervenção natural para o Engenheiro Físico, que deve controlar os sistemas de instrumentação, os detectores e a interpretação do sinal de modo a gerar informação prática.*

*Nesta UC pretende-se fornecer o panorama actual sobre a utilização avançada e sobre o projecto e construção de detectores de radiação e de partículas.*

*Os conteúdos incidem nas diversas classes de detectores, abordando de uma forma explícita os métodos mais usados na sua construção.*

*Dada a extensão do campo a UC irá centrar-se na nos tipos de detector mais fundamentais para cada intervalo de energia e grandeza física medida.*

### **3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*This is a field in which large teams of physicists and engineers are teamed together for large periods of time. Even in Portugal, this is a relevant area of (niche) activity for the scientific and industrial communities.*

*It benefits directly from the national scientific policy towards CERN and ESA and of the potential spinoffs oriented, for example, to nuclear medicine.*

*The physics, technologies and engineering systems coping with radiation (X-ray, gamma, radiation, etc) and high energy particles, do enable a variety of applications from cultural heritage, medicine, large international scientific facilities and infrastructures (accelerator, reactors), as well as the associated instrumentation, which is quite specific and developed according to the specifications and requirements of each applications.*

*This is a constantly evolving area, where a solid knowledge of the fundamental physical principles of radiation interaction with materials and fields is required.*

*It is a natural field of activity for the Physical Engineer, who is supposed to master the instrumentation systems, the detectors and all the processing chain which generates usable information.*

*The goal of this unit is therefore to provide an overview on the current use and advanced design and construction of radiation and particle detectors.*

*The content is focused on the various classes of detectors, addressing explicitly the methods used in their development.*

*Given the dimension of this field, the unit will focus on the most fundamental detector types for each energy range and measured physical quantity.*

### **3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas.*

*Programação de uma aplicação para a simulação de um detector.*

*Avaliação*

*Apresentação de um trabalho final.*

### **3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Lectures. Programming an application for the simulation of a detector.*

*Evaluation*

*Presentation of a final work.*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*As aulas teóricas serão aulas de exposição sobre os temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes, discutidos exercícios e análises de artigos realizados individualmente pelos estudantes, sob proposta do(s) docente(s) envolvido(s).*

*Estas aulas são complementadas com aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados, e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos com práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica e à actividade operacional.*

*Em concreto, nesta unidade curricular pretende-se fornecer o panorama actual sobre a utilização avançada e sobre o projecto e construção de detectores de radiação e de partículas.*

*Assim é fundamental que o aluno tenha um contacto próximo com as técnicas usadas no desenho e construção de detectores de radiação.*

*No presente estado da arte, as técnicas de simulação computacional ocupam um papel privilegiado quer na concepção dos detectores quer no seu posterior teste e análise de resultados.*

*Assim a análise de um detector real, quer se encontre já construído ou na fase de protótipo em conjunção com a sua simulação Monte Carlo irão permitir a compreensão aprofundada do seu funcionamento.*

### **3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*In the theoretical sessions, the concepts, models and state-of-the-art developments will be discussed with the students, as well as problems and papers analyzed or written by students under supervision of the teachers involved.*

*These sessions will be complemented by laboratorial classes, to correlate theory and experiment, and where students will actually manipulate equipments and sophisticated instruments, to prepare experiments to probe matter with nuclear techniques, to control systems and keep errors under control, and to analyze experimental data and derive information according to theoretical models. This approach (covering the learning and the individual assessment phases) enables students to consolidate their theoretical and practical knowledge, and learn-by experience how to perform research and achieve operational results.*

*Specifically, the goal of this unit is to provide an overview on the current use and advanced design and construction of radiation and particle detectors.*

*It is essential that students have close contact with the techniques used in the design and construction of radiation detectors. In the present state of the art, computer simulation techniques play a key role both in the design of the detectors and in their subsequent testing and analysis of results*

*Thus the analysis of a real detector, whether is already built or is in prototype phase in conjunction with its Monte Carlo simulation will allow the deep understanding of its functioning.*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

*Monte Carlo Methods, M. H. Kalos and P. A. Whitlock;  
Geant4 manual; PENELOPE manual; FLUKA manual*

## **Anexo IV - Detectores de Radiação Ionizante**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Detectores de Radiação Ionizante*

### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*Luís Filipe dos Santos Garcia Peralta*

### **3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*Amélia Arminda Teixeira Maio  
Agostinho da Silva Gomes*

### **3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Nesta UC são abordados os vários tipos de detectores mais importantes para a Física de baixas e intermédias energias e que são a base das experiências actuais. A discussão destes detectores é fundamental para a compreensão do estado actual da arte.*

*Pretende-se disponibilizar conhecimentos sólidos sobre os conceitos e técnicas de detecção de partículas de baixas e intermédias energias, para que o aluno adquira a capacidade de analisar o funcionamento de um detector de radiação.*

### **3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*In the program the major types of detectors for physics of low-and intermediate energies that are the basis of current experiences are discussed, in order to ensure the understanding of the current state of the art.*

*The goal is to obtain a solid knowledge about the concepts and techniques of detecting particles of low and intermediate energies. The student should therefore develop the ability to analyze the operation of a radiation detector.*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Detectores gasosos  
Detectores de cintilação  
Detectores de semicondutores, fotodetectores  
Detectores para dosimetria.*

### **3.3.5. Syllabus:**

*Gaseous detectors, scintillation detectors, semiconductor detectors, photodetectors, detectors for dosimetry*

### **3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*Trata-se de um domínio que mobiliza equipas enormes de físicos e engenheiros ao longo dos anos, e que constitui, mesmo em Portugal, um sector significativo de actividade (de nicho) das comunidades científica e industrial. Beneficia directamente da existência de uma política científica nacional com o CERN e de inúmeras actividades e oportunidades em medicina nuclear.*

*A física, tecnologias e sistemas que utilizem radiações (radiação X, gama, etc) e feixes de partículas de alta energia, constitui uma peça fundamental de conhecimento para inúmeras áreas de aplicação, da gestão do património e análises não destrutivas, à medicina, às grandes infra-estruturas científicas internacionais (aceleradores, reactores) e a toda a instrumentação que mobilizam e que são tipicamente feitas de acordo com as necessidades de cada aplicação.*

*Esta é uma área em permanente evolução, onde são exigidos sólidos conhecimentos sobre os princípios físicos fundamentais da interacção da radiação e partículas com campos e materiais.*

*Trata-se de um domínio de intervenção natural para o Engenheiro Físico, que deve controlar os sistemas de instrumentação, os detectores e a interpretação do sinal de modo a gerar informação prática.*

*Por outro lado, se existe um domínio em que a necessidade de métodos não destrutivos mais fácil é de demonstrar, é certamente o da caracterização do património cultural. De um modo geral, aliás, o mesmo se aplica a todas as técnicas de natureza forense, que procuram extrair informação relevante com base em indícios, normalmente existentes em pequenas quantidades e em contextos físicos e químicos complexos, mas todavia, analisáveis através de técnicas analíticas poderosas.*

*É um domínio natural para o Engenheiro Físico dotado de formação avançada a um nível de Doutoramento, e onde, inevitavelmente, existe uma necessidade nacional (seja ao nível da gestão do património cultural, seja ao nível da investigação forense) bem como uma necessidade de harmonização de metodologias a nível internacional – dadas em particular as características das actividades relativas à fraude ou simplesmente criminosas.*

*Nestes termos, nesta UC pretende-se fornecer o panorama actual sobre a utilização avançada e sobre o projecto e construção de detectores de radiação e de partículas.*

*Os conteúdos incidem nas diversas classes de detectores, abordando de uma forma explícita os métodos mais usados na sua construção.*

*Dada a extensão do campo a UC irá centrar-se nos tipos de detector mais fundamentais para cada intervalo de energia e grandeza física medida.*

### **3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*This is a field in which large teams of physicists and engineers are teamed together for large periods of time. Even in Portugal, this is a relevant area of (niche) activity for the scientific and industrial communities.*

*It benefits directly from the national scientific policy towards CERN and of the potential spinoffs oriented, for example, to nuclear medicine.*

*The physics, technologies and engineering systems coping with radiation (X-ray, gamma, radiation, etc) and high energy particles, do enable a variety of applications from cultural heritage, medicine, large international scientific facilities and infrastructures (accelerator, reactors), as well as the associated instrumentation, which is quite specific and developed according to the specifications and requirements of each applications.*

*This is a constantly evolving area, where a solid knowledge of the fundamental physical principles of radiation interaction with materials and fields is required.*

*It is a natural field of activity for the Physical Engineer, who is supposed to master the instrumentation systems, the detectors and all the processing chain which generates usable information.*

*On the other hand, there are some areas in which there is a wide consensus concerning the need for non-destructive testing. The science backing the management of cultural heritage is certainly one of them. In general, the same can be said concerning all the forensic-like techniques, which extract relevant information from minute quantities of matter, typically under complex physical and chemical contexts, but, still, prone to analysis with suitable and powerful analytical techniques.*

*These are natural arena for the Physical Engineer with advanced training at doctoral level. Usually the need is local, national (be it at the level of cultural heritage or forensic), although the need for international cooperation and methodological harmonization is huge – in view of the characteristics of the fraud or just criminal activities worldwide in such areas.*

*In such context, spectroscopy (atomic and nuclear) is a powerful technique requiring nevertheless in depth expertise in physics and problem solving, the very goals of this PhD program in Physical Engineering. Spectroscopy is shared by physicists and chemists alike, with different but complementary roles in every application. Spectroscopy has long been an area of research and applications at the R&D FCUL units implementing this PhD program.*

*In such context, the goal of this unit is therefore to provide an overview on the current use and advanced design and construction of radiation and particle detectors.*

*The content is focused on the various classes of detectors, addressing explicitly the methods used in their development.*

*Given the dimension of this field, the unit will focus on the most fundamental detector types for each energy range and measured physical quantity.*

### **3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas. Análise de um detector. Realização de exercícios.*

*Avaliação*

*Apresentação de um trabalho final.*

### **3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Lectures. Analysis of a detector. Exercises.*

*Evaluation*

*Presentation of final work.*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*As aulas teóricas serão aulas de exposição sobre o temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes, discutidos exercícios e análises de artigos realizados individualmente pelos estudantes, sob proposta do(s) docente(s) envolvido(s).*

*Estas aulas são complementadas com aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados, e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos com práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica e à actividade operacional.*

*Em concreto, nesta unidade curricular pretende-se fornecer o panorama actual sobre a utilização avançada e sobre o projecto e construção de detectores de radiação e de partículas.*

*Assim é fundamental que o aluno tenha um contacto próximo com as técnicas usadas no desenho e construção de detectores de radiação.*

*No presente estado da arte, as técnicas de simulação computacional ocupam um papel privilegiado quer na concepção dos detectores quer no seu posterior teste e análise de resultados.*

*Assim a análise de um detector real, quer se encontre já construído ou na fase de protótipo em conjugação com a sua simulação Monte Carlo irão permitir a compreensão aprofundada do seu funcionamento.*

### **3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*In the theoretical sessions, the concepts, models and state-of-the-art developments will be discussed with the students, as well as problems and papers analyzed or written by students under supervision of the teachers involved.*

*These sessions will be complemented by laboratorial classes, to correlate theory and experiment, and where students will actually manipulate equipments and sophisticated instruments, to prepare experiments to probe matter with nuclear techniques, to control systems and keep errors under control, and to analyze experimental data and derive information according to theoretical models. This approach (covering the learning and the individual assessment phases) enables students to consolidate their theoretical and practical knowledge, and learn-by experience how to perform research and achieve operational results.*

*Specifically, the goal of this unit is to provide an overview on the current use and advanced design and construction of radiation and particle detectors.*

*It is essential that students have close contact with the techniques used in the design and construction of radiation detectors. In the present state of the art, computer simulation techniques play a key role both in the design of the detectors and in their subsequent testing and analysis of results. Thus the analysis of a real detector, whether is already built or is in prototype phase in conjunction with its Monte Carlo simulation will allow the deep understanding of its functioning.*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

*Radiation Detection and Measurement, Glenn F. Knoll;  
Measurement And Detection Of Radiation, N. Tsoulfanidis*

## **Anexo IV - Técnicas Nucleares: Interações Hiperfinas**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Técnicas Nucleares: Interações Hiperfinas*

### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*José Gonçalves Marques*

### **3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*Armandina Maria Lima Lopes  
João Carlos Waerenborgh*

### **3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Obtenção de conhecimentos sólidos sobre técnicas nucleares baseadas em interações hiperfinas, aplicadas na caracterização de materiais avançados.*

### **3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*Provide the students with a solid understanding of the fundamentals of hyperfine interaction nuclear techniques applied to the characterization of advanced materials.*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Interações hiperfinas,  
Efeito de Mössbauer,  
Correlações Angulares Perturbadas  
Outras técnicas*

### **3.3.5. Syllabus:**

*Hyperfine interactions,  
Mössbauer effect,  
Perturbed Angular Correlations,  
Other techniques*

### **3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*As técnicas nucleares desempenham um papel importante no desenvolvimento e operação de grandes infra-estruturas científicas e operacionais, bem como no desenvolvimento e caracterização de novos materiais, proporcionando sondas (de iões, neutrões ou núcleos) muito sensíveis aos estados da matéria.*

*A instrumentação, tecnologia e engenharia nucleares, constituem ainda objecto da acção da indústria, infra-estruturas nacionais e internacionais (aceleradores) ligadas à ciência ou à energia (reactores de cisão).*

*No contexto geral dos novos materiais avançados - actividade de nicho mas extraordinariamente relevante para o Engenheiro Físico – esta UC contribui para o conhecimento de diferentes técnicas nucleares aplicadas à caracterização de materiais, preparando os estudantes para a caracterização de materiais, como actividade principal, ou como complemento do crescimento de materiais avançados.*

*Proporciona aos estudantes sólidos conhecimentos de base caso estes desejem prosseguir trabalho nesta área, seja operacional como de investigação.*

### **3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*Nuclear techniques play an important role to develop and operate large operational and scientific infrastructures, as well as to develop and characterize new materials, by providing probes (ionic, neutronic, nuclear) extremely sensitive to the states of matter. The nuclear devices, instrumentation, technologies and engineering are quite specific, and are relevant for industry, national and international organizations (large accelerators) making science or providing energy (reactors based on nuclear fission).*

*In the general context of the new and advance materials – niche activity although a very noble activity for a Physical Engineer - this Unit contributes primarily to the students' knowledge of different nuclear physical techniques applied to materials characterization. It prepares students to work in the characterization of materials, either as a main activity or as a complement to the growth of advanced materials.*

*It will provide them with a solid background should they wish to pursue graduate work in this area, either at operational or research level.*

### **3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas e práticas.*

*Apresentação de trabalho final para avaliação.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Lectures and laboratory sessions.*

*Students will present a final work for evaluation*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*As aulas teóricas serão aulas de exposição sobre os temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes, discutidos exercícios e análises de artigos realizados individualmente pelos estudantes, sob proposta do(s) docente(s) envolvido(s).*

*Estas aulas são complementadas com aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados, e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*As aulas práticas serão realizadas nos aceleradores e reactor de cisão do Instituto Tecnológico e Nuclear, no âmbito de um protocolo com esta instituição.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos com práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica e à actividade operacional.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*In the theoretical sessions, the concepts, models and state-of-the-art developments will be discussed with the students, as well as problems and papers analyzed or written by students under supervision of the teachers involved.*

*These sessions will be complemented by laboratorial classes, to correlate theory and experiment, and where students will actually manipulate equipments and sophisticated instruments, to prepare experiments to probe matter with nuclear techniques, to control systems and keep errors under control, and to analyze experimental data and derive information according to theoretical models. The practical sessions will be held at the accelerators and fission reactor of the Nuclear and Technological Institute, within a protocol with this institution.*

*This approach (covering the learning and the individual assessment phases) enables students to consolidate their theoretical and practical knowledge, and learn-by experience how to perform research and achieve operational results.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*G. Schatz, A. Weidinger, Nuclear Condensed Matter Physics, John Wiley, 1996 (ISBN 0-471-95479);*

*H.R. Verma, Atomic and Nuclear Analytical Methods, Springer, 2007 (ISBN 978-3-540-30277-3)*

## Anexo IV - Técnicas Nucleares com Feixes de Iões

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Técnicas Nucleares com Feixes de Iões*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*José Gonçalves Marques*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*Katharina Lorenz*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Obtenção de conhecimentos sólidos sobre técnicas nucleares baseadas em feixes de iões, aplicadas na caracterização de materiais avançados.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*Provide the students with a solid understanding*

*of the fundamentals of ion beam nuclear techniques applied to the characterization of advanced materials.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Implantação iónica*

*Retrodispersão de Rutherford*

*Análise com Reacções Nucleares.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Ion Implantation,*

*Rutherford Backscattering,*

*Nuclear Reaction Analysis.*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*As técnicas nucleares desempenham um papel importante no desenvolvimento e operação de grandes infra-estruturas científicas e operacionais, bem como no desenvolvimento e caracterização de novos materiais, proporcionando sondas (de iões, neutrões ou núcleos) muito sensíveis aos estados da matéria.*

*A instrumentação, tecnologia e engenharia nucleares, constituem ainda objecto da acção da indústria, infra-estruturas nacionais e internacionais (aceleradores) ligadas à ciência ou à energia (reactores de cisão).*

*No contexto geral dos novos materiais avançados - actividade de nicho mas extraordinariamente relevante para o Engenheiro Físico - esta UC contribui para o conhecimento de diferentes técnicas nucleares aplicadas à caracterização de materiais, preparando os estudantes para a caracterização de materiais, como actividade principal, ou como complemento do crescimento de materiais avançados.*

*Proporciona aos estudantes sólidos conhecimentos de base caso estes desejem prosseguir trabalho nesta área, seja operacional*

como de investigação.

**3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*Nuclear techniques play an important role to develop and operate large operational and scientific infrastructures, as well as to develop and characterize new materials, by providing probes (ionic, neutronic, nuclear) extremely sensitive to the states of matter. The nuclear devices, instrumentation, technologies and engineering are quite specific, and are relevant for industry, national and international organizations (large accelerators) making science or providing energy (reactors based on nuclear fission). In the general context of the new and advance materials – niche activity although a very noble activity for a Physical Engineer - this Unit contributes primarily to the students' knowledge of different nuclear physical techniques applied to materials characterization. It prepares students to work in the characterization of materials, either as a main activity or as a complement to the growth of advanced materials. It will provide them with a solid background should they wish to pursue graduate work in this area, either at operational or research level.*

**3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas e práticas.*

*Apresentação de trabalho final para avaliação.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Lectures and practical sessions.*

*Students will present a final work for evaluation.*

**3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*As aulas práticas permitirão aos estudantes obter experiência na aplicação das diferentes técnicas nucleares cujos fundamentos foram descritos nas aulas teóricas.*

**3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*Practical sessions will enable the students to get hands-on experience in the application of the different techniques, whose fundamentals were taught in the lectures.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*G. Schatz, A. Weidinger, Nuclear Condensed Matter Physics, John Wiley, 1996 (ISBN 0-471-95479);*

*T.L. Alford, L.C. Feldman, J.W. Mayer, Fundamentals of Nanoscale film Analysis, Springer, 2007 (ISBN 978-0-387-29260-1)*

**Anexo IV - Técnicas Nucleares com Neutrões**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Técnicas Nucleares com Neutrões*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*José Gonçalves Marques*

**3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Obtenção de conhecimentos sólidos sobre técnicas nucleares baseadas no uso de neutrões para imagiologia e determinação de composição.*

**3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*Provide the students with a solid understanding of the fundamentals of nuclear techniques based on the use of neutrons for imaging and composition determination.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Análise por activação com neutrões*

*Radiografia e tomografia com neutrões.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Neutron activation analysis,*

*neutron radiography and tomography.*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*As técnicas nucleares desempenham um papel importante no desenvolvimento e operação de grandes infra-estruturas científicas e operacionais, bem como no desenvolvimento e caracterização de novos materiais, proporcionando sondas (de iões, neutrões ou núcleos) muito sensíveis aos estados da matéria.*

*A instrumentação, tecnologia e engenharia nucleares, constituem ainda objecto da acção da indústria, infra-estruturas nacionais e internacionais (aceleradores) ligadas à ciência ou à energia (reactores de cisão).*

*No contexto geral dos novos materiais avançados - actividade de nicho mas extraordinariamente relevante para o Engenheiro Físico – esta UC contribui para o conhecimento de diferentes técnicas nucleares aplicadas à caracterização de materiais,*

*preparando os estudantes para a caracterização de materiais, como actividade principal, ou como complemento do crescimento de materiais avançados.  
Proporciona aos estudantes sólidos conhecimentos de base caso estes desejem prosseguir trabalho nesta área, seja operacional como de investigação.*

**3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*Nuclear techniques play an important role to develop and operate large operational and scientific infrastructures, as well as to develop and characterize new materials, by providing probes (ionic, neutronic, nuclear) extremely sensitive to the states of matter. The nuclear devices, instrumentation, technologies and engineering are quite specific, and are relevant for industry, national and international organizations (large accelerators) making science or providing energy (reactors based on nuclear fission).  
In the general context of the new and advance materials – niche activity although a very noble activity for a Physical Engineer - this Unit contributes primarily to the students' knowledge of different nuclear physical techniques applied to materials characterization. It prepares students to work in the characterization of materials, either as a main activity or as a complement to the growth of advanced materials.  
It will provide them with a solid background should they wish to pursue graduate work in this area, either at operational or research level.*

**3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas e práticas.*

*Apresentação de trabalho final para avaliação.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Lectures and laboratory sessions.*

*Students will present a final work for evaluation.*

**3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*As aulas práticas permitirão aos estudantes obter experiência na aplicação das diferentes técnicas nucleares cujos fundamentos foram descritos nas aulas teóricas.*

**3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*Practical sessions will enable the students to get hands-on experience in the application of the different techniques, whose fundamentals were taught in the lectures.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*G. Schatz, A. Weidinger, Nuclear Condensed Matter Physics, John Wiley, 1996 (ISBN 0-471-95479);  
H.R. Verma, Atomic and Nuclear Analytical Methods, Springer, 2007 (ISBN 978-3-540-30277-3);*

**Anexo IV - Tecnologia e Instrumentação de Reactores de Cisão**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Tecnologia e Instrumentação de Reactores de Cisão*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*José Gonçalves Marques*

**3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*São objectivos desta UC a obtenção de conhecimentos sólidos sobre tecnologia e instrumentação de reactores de cisão.*

**3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*Provide the students with a solid understanding of the fundamentals of technology and instrumentation of fission reactors.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Evolução da tecnologia de reactores de cisão: gerações I a IV;  
Reactores BWR, PWR, CANDU e HTGR;  
Grandezas operacionais;  
Instrumentação e segurança nuclear;  
Efeitos da radiação.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Evolution of fission reactor technology: generations I to IV;  
BWR, PWR, CANDU and HTGR reactors; operational parameters; instrumentation and nuclear safety;  
Radiation effects.*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*As técnicas nucleares desempenham um papel importante no desenvolvimento e operação de grandes infra-estruturas científicas e operacionais, bem como no desenvolvimento e caracterização de novos materiais, proporcionando sondas (de iões, neutrões ou*

núcleos) muito sensíveis aos estados da matéria.

A instrumentação, tecnologia e engenharia nucleares, constituem ainda objecto da acção da indústria, infra-estruturas nacionais e internacionais (aceleradores) ligadas à ciência ou à energia (reactores de cisão).

Esta UC, em particular, incide sobre os reactores de cisão.

Proporciona aos estudantes sólidos conhecimentos de base caso estes desejem prosseguir trabalho nesta área, seja operacional como de investigação.

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*Nuclear techniques play an important role to develop and operate large operational and scientific infrastructures, as well as to develop and characterize new materials, by providing probes (ionic, neutronic, nuclear) extremely sensitive to the states of matter. The nuclear devices, instrumentation, technologies and engineering are quite specific, and are relevant for industry, national and international organizations (large accelerators) making science or providing energy (reactors based on nuclear fission).*

*This unit, in particular, will address several important topics in physics and engineering of fissile reactors.*

*It will provide them with a solid background should they wish to pursue graduate work in this area, either at operational or research level.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas e práticas (no Reactor Português de Investigação, ITN).*

*Apresentação de trabalho final para avaliação.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Lectures and practical sessions (at the Portuguese Research Reactor, ITN).*

*Students will present a final work for evaluation.*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*As aulas teóricas serão aulas de exposição sobre os temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes, discutidos exercícios e análises de artigos realizados individualmente pelos estudantes, sob proposta do(s) docente(s) envolvido(s).*

*Estas aulas são complementadas com aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados, e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*As aulas práticas serão realizadas nos aceleradores e reactor de cisão do Instituto Tecnológico e Nuclear, no âmbito de um protocolo com esta instituição. Permitirão aos estudantes obter experiência na medição de parâmetros operacionais de um reactor de cisão e processamento desta informação.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos com práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica e à actividade operacional.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*In the theoretical sessions, the concepts, models and state-of-the-art developments will be discussed with the students, as well as problems and papers analyzed or written by students under supervision of the teachers involved.*

*These sessions will be complemented by laboratorial classes, to correlate theory and experiment, and where students will actually manipulate equipments and sophisticated instruments, to prepare experiments to probe matter with nuclear techniques, to control systems and keep errors under control, and to analyze experimental data and derive information according to theoretical models. The practical sessions will be held at the accelerators and fission reactor of the Nuclear and Technological Institute, within a protocol with this institution. Practical sessions will enable the students to get hands-on experience in the measurement of operational parameters and on the processing of this information.*

*This approach (covering the learning and the individual assessment phases) enables students to consolidate their theoretical and practical knowledge, and learn-by experience how to perform research and achieve operational results.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*K. Kok (Ed.), Nuclear Engineering Handbook, CRC Press, 2009 (ISBN 978- 1420053906);*

*F. Johnson, Nuclear Reactor Controls and Instrumentation, Wexford College Press, 2008 (ISBN 978-1934939307).*

## Anexo IV - Funções Ópticas de Metamateriais e Cristais Fotónicos

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Funções Ópticas de Metamateriais e Cristais Fotónicos*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*José Manuel de Nunes Vicente Rebordão*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*Manuel Adler Sanchez de Abreu*

*João Miguel Pinto Coelho*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Estes novos materiais surgiram e tornaram-se operacionais nos últimos 10 anos, e contém em si um potencial gigantesco para implementações distintas de funções ópticas (em condições de desempenho ou de miniaturização mais favoráveis) e também para a invenção de novas funções ópticas. A complexidade da sua explicação e modelação matemática torna complicada a sua*

*banalização, dificultando a escolha destes materiais em novas implementações.*

*Neste sentido, esta UC pretende constituir um ponto de entrada acessível para o desenho e/ou especificação de sistemas baseados em metamateriais ou cristais fotónicos, em áreas de aplicação diversas de processamento óptico, sensores, etc.*

### **3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*These new families of materials are relatively new (less than 10 years) and have a tremendous potential for new implementations of optical functions (with higher performance and small volume and miniaturization) or for the invention of new optical functions. The complexity of their physics and of their modeling has been detrimental to delay their more widespread use in new implementations.~*

*This unit will therefore pave the way to facilitate design and specifications of systems incorporating metamaterials or photonic crystals, with emphasis on potential areas such as optical processing and sensing.*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Metamateriais e cristais fotónicos: electromagnetismo em óptica; materiais estruturados; efeitos não lineares em cristais, modelação de sistemas baseados em metamateriais;*

### **3.3.5. Syllabus:**

*Metamaterials and photonic crystals: electromagnetism in optics; structured systems; non-linear effects in crystals, modeling systems based in metamaterials;*

### **3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*A manipulação da luz e a sua interacção com o meio, nomeadamente com semicondutores, assim como a crescente ligação entre processos ópticos e electrónicos, pode ser abordada quer a nível do fenómeno local, pelo estudo de novos processos e materiais a escalas inferiores ao comprimento de onda, quer através de uma abordagem mais sistémica, à escala macroscópica.*

*Na área da Engenharia Física, é fundamental dar uma visão global dos fenómenos físicos associados à radiação luminosa e à sua interacção com os materiais, descrevendo as características da radiação e como ela modifica ou pode ser modificada pelo meio em que se propaga. A capacidade que a radiação luminosa tem para veicular informação e energia é assim o tema estruturante que deve ser observado em toda a sua dimensão.*

*Neste contexto, justifica-se assim uma UC de metamateriais e cristais fotónicos no que diz respeito à sua capacidade de modificação das propriedades luz na interacção com estes meios ópticos, em particular com os novos materiais e estruturas as escalas de fracções do comprimento de onda da radiação.*

### **3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*The manipulation of light and its interaction with the medium, including semiconductors, as well as the growing connection between optical and electronic processes, can be addressed both as a local phenomenon, associated to the study of new materials and processes at scales of fractions of the wavelength or through a more systemic approach, at a the macroscopic scale.*

*In Physical Engineering, we need to provide an overview of the physical phenomena associated with light radiation and its interaction with materials describing the characteristics of radiation and how it may change or be changed by the environment in which it propagates. The ability of light radiation to convey information and energy is thus the structuring theme that must be observed in all its dimensions.*

*In such context, it is justified to include a Unit on metamaterials and photonic crystals, with regard to their ability to modify the light properties on interaction with these optical media, particularly with new materials and structures at scales of fractions of the wavelength of radiation.*

### **3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Sessões teóricas de grupo, com acompanhamento individualizado por aluno.*

*Realização de uma experiência laboratorial e da modelação numérica correspondente, com apresentação e avaliação do relatório*

### **3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Theoretical sessions and individual orientation.*

*Project and implementation of a laboratorial experiment as well as its numerical simulation, and evaluation of the corresponding report*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*A definição dos parâmetros directores para a aquisição dos conhecimentos requeridos será realizada através de sessões teóricas de grupo e de análise de literatura específica.*

*As especificidades e os interesses particulares de cada aluno, de acordo como seu plano de trabalhos, orientarão a escolha dos modelos, simulações e, sobretudo, de experiências a realizar.*

*Em particular, dar-se-á particular ênfase à relação entre especificações, parâmetros tecnológicos, parâmetros de engenharia e metodologias de tradeoffs.*

### **3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*The definition of the key parameters to acquire the knowledge required within the module will be conducted through the theoretical sessions.*

*The specifics interests of each student and his work program will affect the selection of simulations and, in particular, of laboratorial experiments, in order to cope with an engineering approach.*

*In particular, special emphasis will be given to specification systems, technological parameters, engineering parameters and tradeoff methodologies.*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

## **Anexo IV - Propagação de Feixes Luminosos**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Propagação de Feixes Luminosos*

### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*João Miguel Pinto Coelho*

### **3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*José Manuel de Nunes Vicente Rebordão*

### **3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Apresentar os principais conceitos da propagação de feixes luminosos na perspectiva da sua propagação em meios dinâmicos e túrbidos.*

*O aluno deverá ser capaz de entender e aplicar os diferentes processos envolvidos, sendo a abordagem orientada para áreas específicas relevantes, da Engenharia Física, como a propagação na atmosfera ou em meios biológicos.*

*A teoria e as tecnologias relevantes para a compensação dos efeitos da propagação da luz nestes meios (ópticas activas e adaptativas) serão igualmente objecto desta UC.*

### **3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*This Unit aims to introduce the main concepts of the propagation of light beams in turbid and dynamic media.*

*The student should be able to understand and implement the various processes involved, with a targeted approach to specific areas, relevant for Physics Engineering like the propagation in the atmosphere and biological media.*

*The theory and technology supporting the compensation of the propagation effects (active and adaptive optics) will also be addressed.*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

- Meios dinâmicos e meios túrbidos.*
- Processos estocásticos e a estatística na propagação da luz.*
- Propagação em meios biológicos; propagação na atmosfera.*
- Princípios básicos da óptica activa e dos sistemas de óptica adaptativa.*

### **3.3.5. Syllabus:**

- Dynamic and turbid media.*
- Stochastic processes and statistic in light propagation.*
- Light propagation in biological media; light propagation in the atmosphere.*
- Principles of active and adaptive optics and systems*

### **3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*A manipulação da luz e a sua interacção com o meio, nomeadamente com semicondutores, assim como a crescente ligação entre processos ópticos e electrónicos, pode ser abordada quer a nível do fenómeno local, pelo estudo de novos processos e materiais a escalas inferiores ao comprimento de onda, quer através de uma abordagem mais sistémica, à escala macroscópica.*

*Na área da Engenharia Física, é fundamental dar uma visão global dos fenómenos físicos associados à radiação luminosa e à sua interacção com os materiais, descrevendo as características da radiação e como ela modifica ou pode ser modificada pelo meio em que se propaga. A capacidade que a radiação luminosa tem para veicular informação e energia é assim o tema estruturante que deve ser observado em toda a sua dimensão.*

*Neste contexto, a importância do meio de propagação será também abordada, em UC dedicada, uma vez que ele próprio altera, em menor escala, as características da radiação e por sua vez, a capacidade de transmitir informação e energia.*

### **3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*The manipulation of light and its interaction with the medium, including semiconductors, as well as the growing connection between optical and electronic processes, can be addressed both as a local phenomenon, associated to the study of new materials and processes at scales of fractions of the wavelength or through a more systemic approach, at a the macroscopic scale.*

*In Physical Engineering, we need to provide an overview of the physical phenomena associated with light radiation and its interaction with materials describing the characteristics of radiation and how it may change or be changed by the environment in which it propagates. The ability of light radiation to convey information and energy is thus the structuring theme that must be observed in all its dimensions.*

*In such context, the importance of the propagation medium will also be addressed in dedicated Unit, once he changes, in a lesser extent, the characteristics of radiation and in turn the ability to transmit information and energy.*

### **3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Sessões teóricas de grupo, com acompanhamento individualizado por aluno.*

*Realização de uma experiência laboratorial e da modelação numérica correspondente, com apresentação e avaliação do relatório*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Theoretical sessions and individual orientation.*

*Project and implementation of a laboratorial experiment as well as its numerical simulation, and evaluation of the corresponding report*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*A definição dos parâmetros directores para a aquisição dos conhecimentos requeridos será realizada através de sessões teóricas de grupo e de análise de literatura específica.*

*As especificidades e os interesses particulares de cada aluno, de acordo como seu plano de trabalhos, orientarão a escolha dos modelos, simulações e, sobretudo, de experiências a realizar.*

*Em particular, dar-se-á particular ênfase à relação entre especificações, parâmetros tecnológicos, parâmetros de engenharia e metodologias de tradeoffs.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*The definition of the key parameters to acquire the knowledge required within the module will be conducted through the theoretical sessions.*

*The specifics interests of each student and his work program will affect the selection of simulations and, in particular, of laboratorial experiments, in order to cope with an engineering approach.*

*In particular, special emphasis will be given to specification systems, technological parameters, engineering parameters and tradeoff methodologies.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Optical Propagation in Linear Media: Atmospheric Gases and Particles, Solid-State Components, and Water (Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory Series in Science & Engineering), Michael E. Thomas, Oxford University Press, USA, ISBN-10 / ASIN: 0195091612, 2006.*

*Light Propagation Through Biological Tissue and Other Diffusive Media: Theory, Solutions, and Software (SPIE Press Monograph Vol. PM193), Fabrizio Martelli, Samuele Del Bianco, Andrea Ismaelli, Giovanni Zaccanti, SPIE Publications, ISBN-10 / ASIN: 0819476587, 2009.*

## Anexo IV - Engenharia de Sistemas de Processamento Laser

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Engenharia de Sistemas de Processamento Laser*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*Manuel Adler Sanchez de Abreu*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*Margarida Maria Moreira Calejo Pires*

*João Miguel Pinto Coelho*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Com esta Unidade Curricular pretende-se dar aos alunos uma visão abrangente dos processos e sistemas que envolvem a tecnologia laser e a produção por laser, nomeadamente a importância dos parâmetros de engenharia, ambientais e dos materiais, e como determinam a eficácia de um processo. Visa-se igualmente dar uma visão de conjunto dos sistemas laser nas múltiplas áreas de aplicação.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*This Unit aims to give students a comprehensive view of processes and systems involving laser technology and production, addressing the importance of engineering parameters, environmental and materials, and how they determine the effectiveness of a process. An overview of laser systems in a wide variety of application areas will also be addressed*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Engenharia de sistemas e tecnologia laser; Interfaces; Sensores e variáveis ambientais.*

*Caracterização, alinhamento, tolerâncias e verificação de sistemas de processamento Laser.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Laser system's engineering and technology; Interfaces; Sensors and environmental variables.*

*Laser processing systems characterization, alignment, tolerancing, and verification.*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*A manipulação da luz e a sua interacção com o meio, nomeadamente com semicondutores, assim como a crescente ligação entre processos ópticos e electrónicos, pode ser abordada quer a nível do fenómeno local, pelo estudo de novos processos e materiais a escalas inferiores ao comprimento de onda, quer através de uma abordagem mais sistémica, à escala macroscópica.*

*Na área da Engenharia Física, é fundamental dar uma visão global dos fenómenos físicos associados à radiação luminosa e à sua interacção com os materiais, descrevendo as características da radiação e como ela modifica ou pode ser modificada pelo meio em que se propaga. A capacidade que a radiação luminosa tem para veicular informação e energia é assim o tema estruturante que deve ser observado em toda a sua dimensão.*

*Neste contexto, os processos de interacção da luz com os meios físicos, deve ser abordada a nível de sistema, com aplicações práticas em que a radiação é utilizada de alguma forma em sistemas de produção. O tema é descrito a nível da engenharia de processo em que são abordados não só os fenómenos de interacção da radiação com os materiais mas também influência do meio exterior na eficácia dos processos.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The manipulation of light and its interaction with the medium, including semiconductors, as well as the growing connection between optical and electronic processes, can be addressed both as a local phenomenon, associated to the study of new materials and processes at scales of fractions of the wavelength or through a more systemic approach, at a the macroscopic scale. In Physical Engineering, we need to provide an overview of the physical phenomena associated with light radiation and its interaction with materials describing the characteristics of radiation and how it may change or be changed by the environment in which it propagates. The ability of light radiation to convey information and energy is thus the structuring theme that must be observed in all its dimensions.*

*In such context, the processes of interaction of light with the media should also be referred at the system level, with practical applications in which radiation is used in some form in production systems. The topic is described in terms of engineering process addressing not only the phenomena of interaction of radiation with materials but also influence the external environment on the performance of the production processes.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Sessões teóricas de grupo, com acompanhamento individualizado por aluno.*

*Realização de uma experiência laboratorial e da modelação numérica correspondente, com apresentação e avaliação do relatório*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Theoretical sessions and individual orientation.*

*Project and implementation of a laboratorial experiment as well as its numerical simulation, and evaluation of the corresponding report*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*A definição dos parâmetros directores para a aquisição dos conhecimentos requeridos será realizada através de sessões teóricas de grupo e de análise de literatura específica.*

*As especificidades e os interesses particulares de cada aluno, de acordo como seu plano de trabalhos, orientarão a escolha dos modelos, simulações e, sobretudo, de experiências a realizar.*

*Em particular, dar-se-á particular ênfase à relação entre especificações, parâmetros tecnológicos, parâmetros de engenharia e metodologias de tradeoffs.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*The definition of the key parameters to acquire the knowledge required within the module will be conducted through the theoretical sessions.*

*The specifics interests of each student and his work program will affect the selection of simulations and, in particular, of laboratorial experiments, in order to cope with an engineering approach.*

*In particular, special emphasis will be given to specification systems, technological parameters, engineering parameters and tradeoff methodologies.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Optical Inspection of Microsystems; Wolfgang Osten; CRC Press; ISBN 0-8493-3682-1*

*Passive Micro-optical Alignment Methods (Optical Engineering); Robert A. Boudreau, Sharon M. Boudreau; CRC Press; ISBN 0-824-70706-0*

## Anexo IV - Metrologia Óptica Avançada

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Metrologia Óptica Avançada*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*Alexandre Pereira Cabral*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*Manuel Adler Sanchez de Abreu*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*A implementação física de alguns dos padrões primários (comprimento, tempo, frequência), envolvem a utilização de técnicas ópticas avançadas. Neste sentido, esta Unidade Curricular, leva os alunos a entender as actuais e futuras implementações dessas técnicas e a compreender a especificidades da implementação das mesmas, tanto no domínio da óptica com da física associada.*

*Em paralelo, procurar-se-á familiarizar os alunos com a modelação dos sensores que implementam essas mesmas técnicas.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*The physical implementation of some of the primary standards (length, time, frequency), involves the use of advanced optical techniques. This Unit takes the students to understand current and future implementations of these techniques and understand the specifics of their implementation, both in the field of optics and the associated physics phenomena.*

*In parallel, students will be familiarized with the modeling of the sensors that implement these techniques.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Técnicas coerentes e incoerentes;  
Instrumentação metrológica para micro e nano-fabricação  
Processamento de sinal em Fotónica (1D/2D)*

### 3.3.5. Syllabus:

*Coherent and incoherent techniques;  
Metrological instrumentation for micro and nano-manufacturing  
Signal processing in Photonics (1D/2D)*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*A manipulação da luz e a sua interacção com o meio, nomeadamente com semicondutores, assim como a crescente ligação entre processos ópticos e electrónicos, pode ser abordada quer a nível do fenómeno local, pelo estudo de novos processos e materiais a escalas inferiores ao comprimento de onda, quer através de uma abordagem mais sistémica, à escala macroscópica. Na área da Engenharia Física, é fundamental dar uma visão global dos fenómenos físicos associados à radiação luminosa e à sua interacção com os materiais, descrevendo as características da radiação e como ela modifica ou pode ser modificada pelo meio em que se propaga. A capacidade que a radiação luminosa tem para veicular informação e energia é assim o tema estruturante que deve ser observado em toda a sua dimensão. Neste contexto, a radiação luminosa pode ainda ser utilizada como meio de veicular informação, ou melhor, ser capaz de fornecer dados que permitam medir ou obter informações sobre o meio com a qual interage, através de actividades de metrologia e de processamento de sinal e imagem para caracterização do meio envolvente.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The manipulation of light and its interaction with the medium, including semiconductors, as well as the growing connection between optical and electronic processes, can be addressed both as a local phenomenon, associated to the study of new materials and processes at scales of fractions of the wavelength or through a more systemic approach, at a the macroscopic scale. In Physical Engineering, we need to provide an overview of the physical phenomena associated with light radiation and its interaction with materials describing the characteristics of radiation and how it may change or be changed by the environment in which it propagates. The ability of light radiation to convey information and energy is thus the structuring theme that must be observed in all its dimensions. In such context, the light radiation may also be used as a means of conveying information, or better, be able to provide data to measure or obtain information about the media with which it interacts by metrology and signal / image processing to collect information to characterize the environment.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Sessões teóricas de grupo, com acompanhamento individualizado por aluno.*

*Realização de uma experiência laboratorial e da modelação numérica correspondente, com apresentação e avaliação do relatório*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Theoretical sessions and individual orientation.*

*Project and implementation of a laboratorial experiment as well as its numerical simulation, and evaluation of the corresponding report*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*A definição dos parâmetros directores para a aquisição dos conhecimentos requeridos será realizada através de sessões teóricas de grupo e de análise de literatura específica. As especificidades e os interesses particulares de cada aluno, de acordo como seu plano de trabalhos, orientarão a escolha dos modelos, simulações e, sobretudo, de experiências a realizar. Em particular, dar-se-á particular ênfase à relação entre especificações, parâmetros tecnológicos, parâmetros de engenharia e metodologias de tradeoffs.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*The definition of the key parameters to acquire the knowledge required within the module will be conducted through the theoretical sessions. The specifics interests of each student and his work program will affect the selection of simulations and, in particular, of laboratorial experiments, in order to cope with an engineering approach. In particular, special emphasis will be given to specification systems, technological parameters, engineering parameters and tradeoff methodologies.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Optical Metrology; Kjell J. Gasvik; John Wiley & Sons; ISBN 0-470-84300-4  
Optical Interferometry; P. Hariharan; Academic Press; ISBN 0-12-311630-9*

## Anexo IV - Processamento de Materiais por Laser

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Processamento de Materiais por Laser*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*Margarida Maria Moreira Calejo Pires*

**3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*João Miguel Pinto Coelho*

**3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Dar aos alunos os conhecimentos científicos e as ferramentas de engenharia necessários à aquisição de competências no domínio das tecnologias de processamento de materiais por laser, com ênfase nos parâmetros materiais que determinam as características do feixe, bem como na sequência de processos físicos envolvidos.*

**3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*Give to the students the scientific knowledge and the engineering tools required for acquiring competence in field of laser materials processing, with emphasis on the material parameters that drive laser and laser beam parameters, as well as the sequence of physical phenomena during the interaction.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Feixes laser: caracterização e formatação espacial e temporal.*

*Interação da radiação laser com os materiais: fenómenos ópticos, térmicos, mecânicos e químicos.*

*Processamento de materiais por laser e respectivos modelos.*

*Aplicações Laser em micro e nanotecnologias: síntese de nanopartículas e nanotubos, dopagem, cristalização e estruturação de superfícies.*

*Segurança Laser*

**3.3.5. Syllabus:**

*Laser beams: spatial and temporal characterization and shaping*

*Laser materials interaction: optical, thermal, mechanical and chemical phenomena.*

*Laser materials processing and modeling.*

*Laser Applications in micro and nanotechnology: synthesis of nanoparticles and nanotubes, doping, crystallization and surface texturing.*

*Laser Safety*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*A manipulação da luz e a sua interacção com o meio, nomeadamente com semicondutores, assim como a crescente ligação entre processos ópticos e electrónicos, pode ser abordada quer a nível do fenómeno local, pelo estudo de novos processos e materiais a escalas inferiores ao comprimento de onda, quer através de uma abordagem mais sistémica, à escala macroscópica.*

*Na área da Engenharia Física, é fundamental dar uma visão global dos fenómenos físicos associados à radiação luminosa e à sua interacção com os materiais, descrevendo as características da radiação e como ela modifica ou pode ser modificada pelo meio em que se propaga. A capacidade que a radiação luminosa tem para veicular informação e energia é assim o tema estruturante que deve ser observado em toda a sua dimensão.*

*Neste contexto, é relevante associar às características da radiação a capacidade de ela mesmo ser capaz de interagir com os materiais, modificando as suas características e propriedades. A UC de processamento de materiais por laser descreve precisamente esta outra vertente da interacção da luz com os meios.*

**3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*The manipulation of light and its interaction with the medium, including semiconductors, as well as the growing connection between optical and electronic processes, can be addressed both as a local phenomenon, associated to the study of new materials and processes at scales of fractions of the wavelength or through a more systemic approach, at a the macroscopic scale.*

*In Physical Engineering, we need to provide an overview of the physical phenomena associated with light radiation and its interaction with materials describing the characteristics of radiation and how it may change or be changed by the environment in which it propagates. The ability of light radiation to convey information and energy is thus the structuring theme that must be observed in all its dimensions.*

*In such context, it is important to associate the characteristics of the optical radiation to its ability to interact with the materials, changing their characteristics and properties. This Unit on materials processing by laser, shall address this other aspect of the interaction of light with the media.*

**3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Sessões teóricas de grupo, com acompanhamento individualizado por aluno.*

*Realização de uma experiência laboratorial e da modelação numérica correspondente, com apresentação e avaliação do relatório*

**3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Theoretical sessions and individual orientation.*

*Project and implementation of a laboratorial experiment as well as its numerical simulation, and evaluation of the corresponding report*

**3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*A definição dos parâmetros directores para a aquisição dos conhecimentos requeridos será realizada através de sessões teóricas de grupo e de análise de literatura específica.*

*As especificidades e os interesses particulares de cada aluno, de acordo como seu plano de trabalhos, orientarão a escolha dos*

modelos, simulações e, sobretudo, de experiências a realizar.

Em particular, dar-se-á particular ênfase à relação entre especificações, parâmetros tecnológicos, parâmetros de engenharia e metodologias de tradeoffs.

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*The definition of the key parameters to acquire the knowledge required within the module will be conducted through the theoretical sessions.*

*The specific interests of each student and his work program will affect the selection of simulations and, in particular, of laboratorial experiments, in order to cope with an engineering approach.*

*In particular, special emphasis will be given to specification systems, technological parameters, engineering parameters and tradeoff methodologies.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Recent Advances in Laser Processing of Materials, (EMRS series), Jacques Perriere, Eric Millon, Eric Fogarassy, Elsevier Science, Oxford UK, ISBN 10, ASIN 0080447279, 2006*

*Laser Processing of Materials: Fundamentals, Applications and Developments, Peter Schaaf, Springer Series in Materials Science 139, USA ISBN 10, ASIN 3642132804, 2010*

## Anexo IV - Processamento Digital de Imagem Avançado

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Processamento Digital de Imagem Avançado*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*Maria Conceição Machado Sangreman Proença*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*José Manuel de Nunes Vicente Rebordão*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Familiarizar o aluno com os tipos de imagens existentes, a necessidade de pré-processamento, as hipóteses de restauro e de extracção de informação por filtragem e segmentação, utilização de morfologia, operações lógicas e de categorização.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*Get acquainted with several types of images, the need for pre-processing steps, the possibilities of restoration and data extraction by kernel convolution and segmentation, the use of morphology, logical operations and categorization.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Os tipos de sensores, as imagens e o pré-processamento inerente; métodos de segmentação; tipos de filtros e sua implementação; métodos de interpolação; operações morfológicas; operações lógicas pixel-a-pixel e por região; preparação de dados para categorização.*

*Principais conceitos de geometria computacional*

### 3.3.5. Syllabus:

*Several types of sensors commonly founded in the working world and the preprocessing needs for each type of application; methods of segmentation; implementation of filters with convolution kernels; interpolation methods; morphological operations; logical operations in a pixel-by-pixel basis and special use in region basis; elaboration of categorical data.*

*Basics of computational geometry*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*A manipulação da luz e a sua interacção com o meio, nomeadamente com semicondutores, assim como a crescente ligação entre processos ópticos e electrónicos, pode ser abordada quer a nível do fenómeno local, pelo estudo de novos processos e materiais a escalas inferiores ao comprimento de onda, quer através de uma abordagem mais sistémica, à escala macroscópica.*

*Na área da Engenharia Física, é fundamental dar uma visão global dos fenómenos físicos associados à radiação luminosa e à sua interacção com os materiais, descrevendo as características da radiação e como ela modifica ou pode ser modificada pelo meio em que se propaga. A capacidade que a radiação luminosa tem para veicular informação e energia é assim o tema estruturante que deve ser observado em toda a sua dimensão.*

*Em Engenharia Física muitos instrumentos de medida geram imagens (2D, multi-espectrais e multi-temporais), O programa a leccionar permitirá aos alunos pôr em prática uma cadeia de processamento de imagem com um fim específico, desde a escolha da imagem adequada, até à realização de uma implementação com obtenção de resultados.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The manipulation of light and its interaction with the medium, including semiconductors, as well as the growing connection between optical and electronic processes, can be addressed both as a local phenomenon, associated to the study of new materials and processes at scales of fractions of the wavelength or through a more systemic approach, at a the macroscopic scale.*

*In Physical Engineering, we need to provide an overview of the physical phenomena associated with light radiation and its interaction with materials describing the characteristics of radiation and how it may change or be changed by the environment in which it propagates. The ability of light radiation to convey information and energy is thus the structuring theme that must be observed in all its dimensions.*

*In Physical Engineering, many measurement systems generate images (2D, multi-spectral, multi-temporal). This Unit will allow students planning and implementing an image processing chain with specific purposes, including the choice of the most suitable*

*image source and the achievement of the implementation.*

### **3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Sessões teóricas de grupo, com acompanhamento individualizado por aluno.*

*Realização de uma implementação em Matlab, com base em imagens reais, com apresentação e discussão do programa e resultados, individual ou em grupos de dois alunos no máximo.*

### **3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Theoretical sessions and individual orientation.*

*Implementation of an image processing sequence in Matlab, fed by real imagery, presentation and discussion of the functions implemented and results obtained, individual or by groups of two.*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*A definição dos parâmetros directores para a aquisição dos conhecimentos requeridos será realizada através de sessões teóricas de grupo e de análise de literatura específica.*

*As especificidades e os interesses particulares de cada aluno, de acordo como seu plano de trabalhos, orientarão a escolha dos modelos, simulações e, sobretudo, de experiências a realizar.*

*Em particular, dar-se-á particular ênfase à relação entre especificações, parâmetros tecnológicos, parâmetros de engenharia e metodologias de tradeoffs.*

*A passagem da teoria à experiência - inerente à avaliação - proporcionará aos alunos as ferramentas básicas para aplicar na realização de quaisquer outros objectivos de processamento digital de imagem.*

### **3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*The definition of the key parameters to acquire the knowledge required within the module will be conducted through the theoretical sessions.*

*The specifics interests of each student and his work program will affect the selection of simulations and, in particular, of laboratorial experiments, in order to cope with an engineering approach.*

*In particular, special emphasis will be given to specification systems, technological parameters, engineering parameters and tradeoff methodologies.*

*The transition from theory to experience inherent to the evaluation procedure will provide the students with the basic skills to develop any other image processing projects.*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

*Pratt, William K., "Digital Image Processing", J. Wiley & Sons, NY, 1991*

*Gonzalez, Rafael, Richard Woods and Steven Eddins, "Digital Image Processing Using Matlab", Prentice-Hall, 2003*

*Goodman J E, O'Rourke J, "Handbook of Discrete and Computational Geometry", CRC Press, 1997*

## **Anexo IV - Caracterização Magnética de Alta Resolução**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Caracterização Magnética de Alta Resolução*

### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*Maria Margarida da Fonseca Beja Godinho*

### **3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*Andrii Vovk*

*Rui Pedro Nogueira Gomes Morais Borges*

*Maria Margarida Colen Martins da Cruz*

*Laura Pereira Waerenborgh*

### **3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Apresentar as técnicas mais utilizadas nas medidas de propriedades magnéticas de materiais incluindo os seus fundamentos, as aplicações em Ciência e na indústria e as vantagens e limitações quando aplicadas a materiais nano-estruturados.*

*Treinar os estudantes na obtenção e interpretação dos resultados experimentais de técnicas de alta resolução essenciais para o estudo de propriedades magnéticas.*

### **3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*To explain the most used magnetic measurement techniques, their applications for science and industry and the advantages and limitations of different techniques with respect to bulk materials and nanostructures.*

*To train students in the measurement and interpretation of magnetic properties of bulk and nanomaterials, as well as in the manipulation of high resolution experimental techniques allowing the study of magnetic properties.*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução às medidas magnéticas: magnetómetro de amostra vibrante, magnetometria SQUID, susceptibilidade magnética AC, espectrometria de ressonância ferromagnética.*

*Aspectos técnicos de utilização e aplicação das técnicas referidas na investigação científica.*

*Erros de medida típicos.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Introduction to magnetic measurement techniques.*

*Vibrating sample magnetometer (VSM), SQUID magnetometry, AC susceptibility setup and measurements, Ferromagnetic Resonance spectrometry.*

*Technical aspects of usage and applications in scientific research. Typical measurement errors.*

*Specific cases associated with nanostructured materials.*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*São abordadas as questões essenciais para a compreensão das propriedades magnéticas de diferentes sistemas, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências no domínio da determinação, análise e interpretação dos resultados obtidos a partir de diferentes técnicas e para uma iniciação à investigação científica.*

*As técnicas de caracterização magnética são exploradas e a utilização do equipamento será demonstrada em conjunto com ideias gerais da sua aplicação na ciência e na indústria. Será incluída a discussão dos erros experimentais e instrumentais mais comuns. As limitações da aplicação das técnicas estudadas em diferentes materiais e nanoestruturas serão discutidas.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills concerning the understanding of the measurement techniques for assessment of magnetic properties and for an efficient introduction to scientific research in this area.*

*The magnetic measurement techniques are explored and the use of the experimental equipment will be demonstrated along with the general ideas of applications in science and industry. This will also include demonstration of the typical experimental errors including those caused by human factor and of the limitations of the experimental techniques for particular cases of bulk materials and nanostructures.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas e de laboratório:*

*- Aulas teóricas para apresentação das técnicas experimentais.*

*- Aulas presenciais laboratoriais onde os alunos utilizam equipamento de investigação (VSM, SQUID e susceptómetro ac) do CFMC para obtenção de resultados num conjunto de amostras escolhido para evidenciar a aplicação destas técnicas. Os trabalhos incluem a caracterização das amostras e a determinação de parâmetros como a magnetização de saturação, campo coercivo, temperatura de bloqueio para amostras superparamagnéticas, etc.*

*-A avaliação será baseada na resolução de exercícios, na participação nos trabalhos laboratoriais, na apresentação oral de um projecto experimental e na discussão de um artigo científico.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Lectures and laboratory classes;*

*-During lectures general presentation and explanations of the experimental techniques will be given*

*- In the laboratory classes the students will use the research equipment (VSM, SQUID and Ac set-up) available at CFMC; a number of experiments on test samples will be carried on to explain usage of these techniques. Practical course will include characterization of the samples and determination of parameters asuch as saturation magnetization, coercive field, blocking temperature for superparamagnetic samples etc*

*- Evaluation will be based on exercises solving, participation in the laboratory classes, oral presentation of a experimental project and discussion of a scientific article on the subjec.*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*As aulas teóricas são aulas de exposição onde são apresentados os conceitos e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidas questões e exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.*

*Sendo uma unidade de carácter essencialmente experimental, o ensino é centrado na utilização das técnicas disponíveis e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos que cobrem os principais tipo de sistemas, nanoestruturados ou não.*

*Este treino é concretizado nas aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos como práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*In the theoretical classes the different issues will be explained, namely the basic concepts and the recent development s in the domain, followed by the discussion of ascientific articles proposed by the teachers.*

*As the unit has essentially a practical nature the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies representative of materials, both bulk and nanostructured.*

*This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real experiments, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of sophisticated equipment, on the preparation of specific experiments to access the information about the systems they want to study, and on the control of the experiment and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data.*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired and the initiation of the students to the methods of scientific research.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*- Giorgio Bertotti Hysteresis in Magnetism For Physicists, Materials Scientists, and Engineers, 1998 Elsevier.*

## Anexo IV - Propriedades de Transporte Eléctrico

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Propriedades de Transporte Eléctrico*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*Maria Margarida Colen Martins da Cruz*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*Maria Margarida da Fonseca Beja Godinho*

*Elsa Branco Lopes*

*António Manuel Carreiras Casaca*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Apresentar os modelos mais utilizados para a descrição dos mecanismos de transporte electrónico.*

*Treinar os estudantes na interpretação e discussão do transporte eléctrico e magnetoresistivo em sistemas macroscópicos e nano-estruturados.*

*Familiarizar os estudantes com as técnicas e medidas experimentais para estudo do transporte eléctrico.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*Put forward the most used physical models for the description of electronic transport.*

*To train the students in the interpretation and discussion of electric and magneto-resistive transport behaviour in bulk and nanostructured systems, as well as in the manipulation of experimental techniques allowing electronic transport characterization.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Revisão das propriedades de transporte no quadro do transporte por graus de liberdade electrónicos.*

*Transporte em estruturas periódicas. Formalismo da equação de Boltzmann.*

*Efeitos de desordem. Modelo de Mott. Localização de Anderson. Transporte por estados localizados.*

*Influência da dimensionalidade do sistema. Nano-estruturas. Efeitos quânticos*

*Dispersão por impurezas magnéticas. Efeito de Kondo.*

*Transporte eléctrico em presença de campo magnético. Magneto-transporte.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Summary of the electronic transport concepts in periodic structures. Boltzmann equation formalism.*

*Disorder effects. Mott model. Anderson localization. Hopping transport by localized states.*

*Influence of low dimensionality - nanostructures. Quantum effects.*

*Scattering by magnetic impurities. Kondo effect.*

*Electronic transport under magnetic field. Magneto-transport.*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*São abordadas as questões essenciais para a compreensão da temática proposta, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências no domínio das propriedades de transporte eléctrico e para uma iniciação à investigação científica neste domínio.*

*O transporte em estruturas periódicas é a base dos modelos mais usuais para a descrição do transporte electrónico. Este é desenvolvido e tomado como ponto de partida para passar ao caso do estudo de sistemas desordenados, onde é importante o conceito de transmissão entre estados quânticos. Os efeitos quânticos são a ponte para o estudo da influência da dimensionalidade. Introduzindo em seguida a interacção com o campo magnético, passa-se depois à caracterização do transporte magnetoresistivo.*

*Do ponto de vista experimental, são exploradas algumas técnicas de medida de transporte eléctrico, demonstrada a utilização do equipamento para a obtenção de resultados concretos e apresentados os erros experimentais e instrumentais mais comuns.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills in electrical transport and magneto-transport measurements in bulk or nanostructured materials and for an efficient introduction to scientific research.*

*Transport in periodic structures is the starting point for most of the usual models of electronic transport in materials. This will be summarized and discussed as the basis for the study of disordered systems. In these systems, transport occurs between localized states and transmission as tunneling between quantum states is introduced. The importance of dimensionality and confinement in the electronic states, directly related, is presented. The influence of a magnetic field and the consequences for electronic transport are then explored.*

*The experimental work will allow the students to access the experimental equipment and techniques. Its use will be demonstrated by obtaining experimental results in particular systems and general ideas of the possible applications in science and industry will be given. The most common experimental errors will be presented.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*- Aulas presenciais teóricas de exposição para apresentação dos modelos teóricos e discussão dos mecanismos físicos relacionados. Estas aulas incluem também a apresentação das técnicas experimentais mais usuais.*

*- Aulas presenciais laboratoriais para estudo experimental de um ou mais sistemas reais.*

- A avaliação inclui a apresentação de um trabalho escrito sobre um tema teórico, seleccionado de entre os assuntos leccionados, e a apresentação e discussão, oral e escrita, dos resultados experimentais obtidos nos trabalhos laboratoriais.

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

- Lectures for the introduction to theoretical models and involved physical mechanisms
- laboratory classes for experimental study of real systems
- Evaluation will include one theoretical written work about one of the presented models and the experimental work done in the laboratory classes with the presentation and discussion of the obtained experimental results.

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

As aulas teóricas são aulas de exposição sobre os temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.

Sendo uma unidade de carácter essencialmente experimental, o ensino é centrado na utilização das técnicas disponíveis e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos que cobrem os principais tipos de sistemas, nanoestruturados ou não. Este treino é concretizado nas aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.

O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos como práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

In the theoretical classes the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain, followed by the discussion of exercises and scientific articles proposed by the teachers.

As the unit has essentially a practical nature the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies representative of materials, both bulk and nanostructured.

This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real experiments, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of sophisticated equipment for transport and magneto-transport measurements, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data. The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired. Laboratory experiments will be carried out using a equipment available for regular research activity. This will give the students an opportunity to get on site experience with the experimental techniques in a research scientific environment

### 3.3.9. Bibliografia principal:

- K. Seeger, *Semiconductor physics: an introduction*, Springer 2004
- U. Mizutani, *Introduction to the electron theory of metals*, Cambridge Univ. Press 2004
- C. Jacoboni, *Theory of Electron Transport in Semiconductors*, Springer Series in Solid-State Sciences, 2010

## Anexo IV - Microscopia de Varrimento por Sonda / Scanning probe microscopy

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Microscopia de Varrimento por Sonda / Scanning probe microscopy*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*Rui Pedro Nogueira Gomes Moraes Borges*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*Maria Margarida Colen Martins da Cruz*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Dar a conhecer várias técnicas de microscopia de varrimento por sonda (MVS) para caracterização à escala nanoscópica, do ponto de vista dos princípios físicos subjacentes, dos aspectos técnicos relevantes e das vantagens e limitações relativamente a outras técnicas.*

*Treinar os estudantes na utilização de técnicas MVS e na compreensão e leitura crítica de artigos da área.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*Put forward various scanning probe microscopy (SPM) techniques for nanoscopic characterisation with emphasis on the physical principles, the relevant technical aspects and the advantages and limitations relative to other microscopy techniques.*

*This unit also aims to give students the basic training needed for future utilisation of these techniques and for critical reading of scientific articles in the field.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução às técnicas de MVS,*

*Princípios físicos da microscopia de força atómica, microscopia de força magnética e microscopia de efeito túnel*

*Aspectos técnicos relevantes; vantagens e limitações face a outras técnicas de microscopia;*

### 3.3.5. Syllabus:

*Scanning probe microscopy techniques;  
Physical principles of atomic force microscopy, magnetic force microscopy and scanning tunneling microscopy;  
Relevant technical aspects ; advantages and limitations of SPM techniques relative to other techniques  
Applications*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*São abordadas as questões essenciais para a compreensão das técnicas de microscopia de varrimento por sonda, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências no domínio da caracterização de filmes e nanoestruturas e para uma iniciação à investigação científica envolvendo esta temática.*

*As técnicas de MVS são exploradas em conjunto com ideias gerais da sua aplicação na ciência e na indústria e a utilização do equipamento é demonstrada. É incluída a discussão dos erros experimentais e instrumentais mais comuns. As limitações da aplicação das técnicas de MVS em diferentes materiais e nanoestruturas são discutidos.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The key issues for the understanding of the scanning probe microscopies are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills concerning the characterisation of thin films and nanostructures for an efficient introduction to scientific research in this area.*

*The SPM techniques are explored and use of the experimental equipment will be demonstrated along with the general ideas of applications in science and industry. This will also include demonstration of the typical experimental and instrumental errors. Limitations of the experimental techniques for particular materials and nanostructures will be discussed.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- *Aulas presenciais teóricas e laboratoriais.*
- *Nas aulas laboratoriais serão usados os equipamentos de SPM do CFMC.*
- *A avaliação terá por base a resolução de exercícios, a participação nas aulas laboratoriais, a apresentação de um projecto experimental e a discussão de um artigo científico envolvendo técnicas de MVS.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

- *Lectures and laboratory classes;*
- *In the laboratory classes the students will use the research SPM equipment available at CFMC;*
- *Evaluation will be based on solving a series of exercises, participation in the laboratory classes, oral presentation of an experimental project and the discussion of a scientific article on SPM.*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*As aulas teóricas são aulas de exposição sobre os temas propostos onde são apresentados os conceitos e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos. Sendo uma unidade de carácter essencialmente experimental, o ensino é centrado na utilização das técnicas disponíveis e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos que cobrem os principais tipos de sistemas, nanoestruturados ou não. Este treino é concretizado nas aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes. O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação nomeadamente a apresentação oral e a discussão de artigos científicos, permite a consolidação dos conhecimentos teóricos e práticos adquiridos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*In the theoretical classes the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain, followed by the discussion of exercises and scientific articles proposed by the teachers.*

*As the unit has essentially a practical nature the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies representative of materials, both bulk and nanostructured.*

*This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real experiments, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of sophisticated equipment for the characterisation of thin films and nanostructures, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data.*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired. Laboratory experiments will be carried out using a standard industrial SPM system used for regular research activity. This will give the students an opportunity to get on site experience with different surface characterisation techniques in a research scientific environment.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

- *Scanning probe microscopy, Ernst Meyer, Hans Josef Hug and Roland Bennewitz, Springer 2004*
- *Materials characterisation, introduction to microscopic and spectroscopic methods, Yang Leng; Wiley 2008*
- *Scientific articles*

**3.3.1. Unidade curricular:**  
*Tecnologias de Filmes Finos*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**  
*Maria Margarida da Fonseca Beja Godinho*

**3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**  
*Rui Pedro Nogueira Gomes Morais Borges*  
*Andrii Vovk, A. Gonçalves*  
*Maria José Ribeiro Gomes, L.M. Redondo*

**3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**  
*Explicar as diferentes técnicas de deposição de filmes finos e aplicações em ciência e na indústria. Demonstrar as vantagens e limitações de cada técnica para a deposição de materiais supercondutores, semicondutores e óxidos. Explicar o efeito dos parâmetros de deposição na estrutura dos filmes obtidos, desde os filmes granulares, a filmes epitaxiais e multicamadas*

**3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**  
*To explain different thin film deposition techniques and their applications for science and industry. To demonstrate advantages and limitations of different deposition methods with respect to metal, superconductor, semiconductor and oxide materials. To explain effect of deposition parameters on the structure of the films, from nanoclusters to epitaxial layers and multilayers*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**  
*Introdução às técnicas físicas e químicas de deposição de filmes finos. Magnetron sputtering; deposição por laser pulsado; epitaxia de feixe de iões; canhão de electrões e evaporação térmica. Técnicas de CVD . Aspectos técnicos e aplicações típicas em investigação científica. Casos específicos em sistemas nano-estruturados. Técnicas de caracterização de filmes finos*

**3.3.5. Syllabus:**  
*Introduction to physical and chemical thin film deposition techniques. Magnetron sputtering. Pulsed Laser Deposition. Ion Beam Epitaxy. Electron Beam and thermal evaporation. Chemical Vapour Deposition techniques. Technical aspects of usage. Typical applications in scientific research. Specific cases associated with nanostructured materials. Thin films characterization techniques.*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**  
*São abordadas as questões essenciais para a compreensão da tecnologia de filmes finos com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências no domínio da produção e caracterização de filmes e nanoestruturas e para uma iniciação à investigação científica envolvendo esta temática. As técnicas de deposição de filmes serão exploradas e a utilização do equipamento será demonstrada em conjunto com ideias gerais da sua aplicação na ciência e na indústria. Será incluída a discussão dos erros experimentais e instrumentais mais comuns. As especificações e limitações das diferentes técnicas de deposição existentes serão discutidas para diferentes tipos de materiais e nanoestruturas.*

**3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**  
*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills concerning the deposition of thin films and for an efficient introduction to scientific research in this area. Thin films deposition techniques are explored and the use of the experimental equipment will be demonstrated along with the general ideas of applications in science and industry. This includes demonstration of the different techniques available namely PI-MOCVD, magnetron sputtering and electron gun and thermal evaporation techniques.*

**3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Aulas teóricas para apresentação das diferentes técnicas e sistemas, e práticas de laboratório para utilização das técnicas disponíveis (PI-MOCVD, magnetron sputtering, canhão de electrões e evaporação térmica). No decorrer das aulas de laboratório serão realizados testes de deposição e preparação técnica das câmaras de deposição com o objectivo de treinar os estudantes na sua utilização. A avaliação baseia-se na participação nas aulas práticas, na apresentação de um ensaio de deposição e na discussão de um artigo científico.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**  
*Lectures and laboratory work. During lectures general presentation and explanations of different deposition techniques and systems will be given. Laboratory work will include usage of PI-MOCVD reactor, magnetron sputtering and electron gun and thermal evaporation systems. A number of test depositions will be carried on to explain usage of these techniques and systems. Practical course will include test deposition and routine service of deposition chambers. Evaluation will be based on participation in lab classes and oral discussions of the scientific publications.*

**3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**  
*As aulas teóricas são aulas de exposição sobre o temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos. Sendo uma unidade de carácter essencialmente experimental, o ensino é centrado na utilização das técnicas disponíveis e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos que cobrem os principais tipo de sistemas nanoestruturados. Este treino é concretizado nas aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos,*

ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado para preparação de filmes e nano-estruturas, no controlo das experiências e dos erros associados e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.

O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos teóricos e práticos adquiridos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*In the theoretical classes the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain, followed by the discussion of exercises and scientific articles proposed by the teachers.*

*As the unit has essentially a practical nature the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies representative of materials, both bulk and nanostructured.*

*This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real experiments, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of sophisticated equipment for the growth of thin films and nanostructures, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data. The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired. Laboratory experiments will be carried out using standard industrially and custom built deposition systems. This will give the students an opportunity to get on site experience with thin films fabrication technologies in a research scientific environment*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

- *"The materials Science of Thin Films", Milton Ohring, Academic Press 1991*

- *" Beam Injection Based Nanocharacterization of Advanced Materials", G. Salviati, T. Sekiguchi, S. Heun and A. Gustafsson (2008)*

- *"Surfaces and Interfaces of Solid Materials", H. Lüth, Springer (1998)*

## Anexo IV - Controlo e Arquitecturas de Sistemas de Instrumentação

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Controlo e Arquitecturas de Sistemas de Instrumentação*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*José António Soares Augusto*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*Manuel Adler Sanchez de Abreu*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Existe um conjunto diversificado de técnicas de análise e de projecto de Sistemas de Controlo, que os alunos devem conhecer, a um nível intermédio, em termos de arquitectura, topologia, desempenho e dos efeitos aplicados sobre o sistema em que se inserem - é esse o objectivo central desta UC. Os alunos devem ser capazes de entender as especificações das soluções ""chave-na-mão"" disponíveis, compará-las e integrá-las para o desenvolvimento de um instrumento. Porventura, alguns alunos - numa UC de projecto - poderão ser capazes de melhorar os parâmetros de uma dada implementação por aplicação dos conhecimentos adquiridos."*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*"Operating systems use sophisticated techniques to adapt to their working environments and to guarantee the specified performance levels, even when operating in very noisy environments, only having a stochastic description. In many cases, suitable control loops allow to actuate over key parameters of the system and to satisfy the design specifications, with acceptable technical and economical costs. There is a wide group of suitable techniques for design and analysis of control systems, that all students shall learn, at an intermediate level, in terms of architecture, topology, performance and about the effects that act upon the surrounding system – this is the main goal of this CU. The students shall be able to understand the specifications of ready-made solutions, evaluate them and integrate them to build instruments. Eventually some students, while developing projects, will be able to improve the parameters of a given implementation by taking to practice the acquired knowledge."*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*"Controlo:(1)Técnicas Matemáticas em Controlo.(2) Motores eléctricos, engrenagens, piezo-actuadores, outros transdutores (actuadores), diagramas de blocos, fórmula de Mason.(3 Análise de sistemas de controlo: sistemas de 2ª ordem, estabilidade, critério de estabilidade de Routh-Hurwitz, resposta na frequência. (4)Métricas de desemp. no projecto de controladores. (5)Análise e proj. de sistemas de Controlo com o 'Root Locus'. Implementação electrónica de controladores. (6)Projecto de control. na frequência (margens de fase e de ganho, diagramas de Nyquist). Controlo PID. (7)Sistemas discretos.Equações às diferenças.Transformada Z. Projecto de controlad. digitais. (8)Introdução ao Controlo Adaptativo (MRAS - Model Reference Adaptive System) e ao Controlo Não Linear (função descritiva).*

*Arquitect. de sens. em modo homodino e heterodino: efeitos sobre a incerteza, respostas dinâmicas, \*\*\* Amplifi. de "lock-in": teoria de funcionamento, características básicas, ex. de implement..*

### 3.3.5. Syllabus:

*"Control: (1 Mathemat. Techniques in Control. (2)Electrical motors, gears, piezo-actuators, other transducers(actuators), block*

diagrams, Mason formula.(3)Control syst. analysis: second order syst., stability, Routh-Hurwitz stability criterium, frequency response.(4)Performance indexes in controller design. (5)Design and analysis of control syst. based in 'Root Locus'. Implementation of controllers with electronic components. (6)Design of controllers in the frequency domain (phase margin, gain margin, Nyquist diagram). PID Control. (7)Discrete syst. Difference equations. Z Transform. Design of digital controllers. (8)Introduction to Adaptive Control (MRAS-Model Reference Adaptive System) and Nonlinear Control (descriptive function). Sensor architectures in homodyne and heterodyne modes: uncertainty effects, dynamic response, \*\*\* Lock-in amplifiers: theory, basic characteristics, implementation examples.Adaptive optics: architecture, main subsystems, performance, system perspective."

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

São abordadas as questões essenciais para a compreensão da temática, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências, tanto relativas à compreensão como à sua utilização operacional numa perspectiva de engenharia.

O ênfase é colocado na medida de propriedades físicas e no controlo completo da cadeia metrológica, do sensor / transdutor, ao dispositivo electrónico, suas interfaces e formas mais relevantes de processamento de sinal, tanto a 1 dimensão, como multi-dimensional.

Sempre que aplicável, serão abordados aspectos relativos ao ambiente físico em que a medida é realizada, bem como à implementação tecnológica das regulamentações ambientais e de segurança aplicáveis.

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills, both in what concerns the theory and to ensure operational use of knowledge, in an engineering perspective.

Emphasis will be on the measurement of physical properties and on full control of the metrological chain, from the sensor / transducer, to the electronic devices, its interfaces and most relevant data processing, either one-dimensional or multi-dimensional.

Whenever applicable, students will be confronted with specification stemming from the physical environment where the measure will be made, as well as the technological implementation of the applicable environmental and safety regulations.

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

"T - Apresentação sistemática de aspectos teóricos

TP - Trabalho individual, com apoio do docente

L - Desenvolvimento de modelos numéricos (Matlab, Scilab, Octave)

Avaliação - Análise de uma situação experimental real, com estimativa de parâmetros, cálculo de incertezas e respectivo relatório. Defesa oral. Alunos organizados por grupos não superiores a 2 elementos."

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

"T - Systematic presentation of theoretical principles

TP - Individual work, with support from the teacher

L - Development of numeric models (Matlab, Scilab, Octave)

Grading - Analysis of a real experimental situation, with parameters' estimation, calculation of uncertainties and report. Oral presentation (groups of two students)."

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

As aulas teóricas são aulas de exposição sobre os temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.

Sendo uma unidade de carácter essencialmente experimental, o ensino é centrado na utilização das técnicas disponíveis e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos.

Este treino é concretizado nas aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.

O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos como práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

In the theoretical classes, the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain, followed by the discussion of exercises and scientific articles proposed by the teachers.

As the unit has essentially a practical nature, the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies.

This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real experiments, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of sophisticated equipment for measurements, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data.

The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired. Laboratory experiments will be carried out using equipments available for regular research activity. This will give the students an opportunity to get on site experience with the experimental techniques in a research scientific environment

### 3.3.9. Bibliografia principal:

"C. T. Chen, ""Analog and Digital Control System Design"", Saunders/HBJ, 1993.

N. Nise, ""Control Systems Engineering (3rd Ed.)"", Wiley, 2002.

K. Astrom and B. Wittenmark, ""Adaptive Control (2nd. Ed.)"", Prentice-Hall, 1994."

## Anexo IV - Dosimetria e Protecção Radiológica

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Dosimetria e Protecção Radiológica*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*Luis Filipe dos Santos Garcia Peralta*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*<sem resposta>*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Pretende-se dar um panorâmica actual do estado da dosimetria e da protecção radiológica. Pretende-se que os alunos ganhem competências teóricas e práticas ao nível da dosimetria pessoal e de área e que entrem em contacto com alguns dos equipamentos usados neste campo.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*A modern view on dosimetry and radioprotection.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Teórica*

*1. Deposição de energia na matéria por radiações ionizantes.*

*2. Introdução à simulação Monte Carlo. Transporte da radiação ionizante.*

*3. Medida da Fluência e Fluência Energética.*

*4. Kerma e Dose.*

*5. Teoria da cavidade.*

*6. Dosimetria com radionuclidos.*

*Prática*

*1- Introdução à Simulação Monte Carlo. Instalação do software. O programa*

*Penelope.*

*Simulação da dose depositada por um feixe de fotões.*

*2- Dosimetria com câmaras de ionização*

*Protocolo de estabilidade das câmaras de ionização.*

*Dosimetria de área*

### 3.3.5. Syllabus:

*Theoric*

*1. Energy deposition in the matter. 2. Introduction to Monte Carlo. 3. Fluency. 4.*

*Kerma, dose. 5. Cavity theory. 6 Dosimetry with radioisotopes. 7. Dosimetric*

*methods. Chemical and biological effects. Radioprotection. Legislation.*

*Practice*

*Introduction to Monte Carlo. Dosimetry with ionization chambers. X-ray beam*

*quality. Other dosimetry methods*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*São abordadas as questões essenciais para a compreensão da temática, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências, tanto relativas à compreensão como à sua utilização operacional numa perspectiva de engenharia.*

*O ênfase é colocado na medida de propriedades físicas e no controlo completo da cadeia metrológica, do sensor / transdutor, ao dispositivo electrónico, suas interfaces e formas mais relevantes de processamento de sinal, tanto a 1 dimensão, como multi-dimensional.*

*Sempre que aplicável, serão abordados aspectos relativos ao ambiente físico em que a medida é realizada, bem como à implementação tecnológica das regulamentações ambientais e de segurança aplicáveis.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills, both in what concerns the theory and to ensure operational use of knowledge, in an engineering perspective.*

*Emphasis will be on the measurement of physical properties and on full control of the metrological chain, from the sensor / transducer, to the electronic devices, its interfaces and most relevant data processing, either one-dimensional or multi-dimensional.*

*Whenever applicable, students will be confronted with specification stemming from the physical environment where the measure will be made, as well as the technological implementation of the applicable environmental and safety regulations.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas.*

*Resolução de exercícios.*

*Aulas de laboratório de computação.*

*Aulas de laboratório experimental.*

**AVALIAÇÃO:**

*Resolução de exercícios*

*Relatórios das actividades laboratoriais*

*Apresentação oral de um trabalho*

*Exame final*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Theoretical classes. Exercise resolution. Computation laboratory. Experimental laboratory.*

*Exercises. Experiment Reports. Oral presentation of a chosen topic. Final exam.*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*As aulas teóricas são aulas de exposição sobre os temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.*

*Sendo uma unidade de carácter essencialmente experimental, o ensino é centrado na utilização das técnicas disponíveis e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos.*

*Este treino é concretizado nas aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos como práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*In the theoretical classes, the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain, followed by the discussion of exercises and scientific articles proposed by the teachers.*

*As the unit has essentially a practical nature, the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies.*

*This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real experiments, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of sophisticated equipment for measurements, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data.*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired. Laboratory experiments will be carried out using equipments available for regular research activity. This will give the students an opportunity to get on site experience with the experimental techniques in a research scientific environment*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*J. R. Greening, Fundamentals of Radiation Dosimetry, 2a ed. Taylor and Francis, 1985*

*J. E. Turner, Atoms, Radiation, and Radiation Protection, 2a ed. John Wiley 1995*

*Radiation Oncology: A handbook for Teachers and Students, E.B. Podgorsak Technical Editor, IAEA, Viena 2005*

## Anexo IV - Engenharia da Medida

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Engenharia da Medida*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*Alexandre Pereira Cabral*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*<sem resposta>*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Medir é um dos actos mais fundamentais em engenharia física. Saber o que é medir e como avaliar o resultado do processo de medição é o principal objectivo desta UC. Para isso, os alunos deveram entender os conceitos de unidade de medida e o sistema internacional, os conceitos de erro e incerteza na medição, e toda a problemática da calibração de um sistema de medição.*

*Para além do conhecimento de todos os conceitos metrológicos subjacentes ao acto de medir, serão analisados em detalhe as diversas ferramentas matemáticas que nos permitem fazer uma avaliação rigorosa da incerteza na medição experimental, seja em situações laboratoriais de natureza científica, seja em processos industriais norteados por sistemas normativos de controlo de qualidade.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*To measurement is one of the most fundamental acts in engineering physics. Knowing what to measure and evaluate the outcome of the measurement process is the main objective of this unit. For that, students must understand the concepts of unit of measurement and the international system, the concepts of error and uncertainty in the measurement, and everything related with the calibration of a measuring system. In addition to the knowledge of all the metrological concepts underlying the act of measuring, we will also focus on the various mathematical tools that allow us to make an accurate assessment of uncertainty in measurement, whether in situations of scientific laboratory, in industrial processes is guided by regulatory systems control quality.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*A medida em Física.  
Análise dimensional.  
Teoria da estimação (mínimos quadrados, ...).  
Modelos lineares e não lineares. Estatística avançada.  
Métodos de compensação e de gestão de redundância em metrologia.*

### 3.3.5. Syllabus:

*The measurement in physics.  
Dimensions analysis.  
Theory of estimation (least squares, ...).  
Linear and non-linear models. Advanced statistics.  
Methods of compensation and management of redundancy in metrology.*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*São abordadas as questões essenciais para a compreensão da temática, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências, tanto relativas à compreensão como à sua utilização operacional numa perspectiva de engenharia.*

*O ênfase é colocado na medida de propriedades físicas e no controlo completo da cadeia metroológica, do sensor / transdutor, ao dispositivo electrónico, suas interfaces e formas mais relevantes de processamento de sinal, tanto a 1 dimensão, como multi-dimensional.*

*Sempre que aplicável, serão abordados aspectos relativos ao ambiente físico em que a medida é realizada, bem como à implementação tecnológica das regulamentações ambientais e de segurança aplicáveis.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills, both in what concerns the theory and to ensure operational use of knowledge, in an engineering perspective.*

*Emphasis will be on the measurement of physical properties and on full control of the metrological chain, from the sensor / transducer, to the electronic devices, its interfaces and most relevant data processing, either one-dimensional or multi-dimensional.*

*Whenever applicable, students will be confronted with specification stemming from the physical environment where the measure will be made, as well as the technological implementation of the applicable environmental and safety regulations.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*"T - Apresentação de aspectos básicos e sistemática  
TP - Trabalho individual, com apoio do docente  
L - Desenvolvimento de modelos numéricos  
Avaliação - Análise de uma situação experimental real, com estimativa de parâmetros, cálculo de incertezas e respectivo relatório. Defesa oral. Alunos organizados por grupos não superiores a 2 elementos"*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*"T - Presentation of the basics and systematic (?)  
TP - Individual work with the teacher support  
L - Development of numerical models  
Evaluation - Analysis of a real experimental situation, comprising the estimation of parameters, calculation of uncertainty and its report. Oral presentation. Students organized by groups of no more than 2 elements"*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*As aulas teóricas são aulas de exposição sobre os temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.*

*Sendo uma unidade de carácter essencialmente experimental, o ensino é centrado na utilização das técnicas disponíveis e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos.*

*Este treino é concretizado nas aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos*

como práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*In the theoretical classes, the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain, followed by the discussion of exercises and scientific articles proposed by the teachers.*

*As the unit has essentially a practical nature, the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies.*

*This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real experiments, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of sophisticated equipment for measurements, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data.*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired. Laboratory experiments will be carried out using equipments available for regular research activity. This will give the students an opportunity to get on site experience with the experimental techniques in a research scientific environment.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*“Guide to the expression of uncertainty in measurement” (GUM) ISO/IEC Guide 98-3:2008*

*Ignacio Lira, “Evaluating the Measurement Uncertainty – Fundamentals and practical guidance”, IoP, 2002”*

## Anexo IV - Física Atómica e Plasmas

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Física Atómica e Plasmas*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*Maria Luísa Dias de Carvalho de Sousa Leonardo*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*Pedro Manuel Ferreira Amorim*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Apresentação do tratamento das diferentes interações nos átomos e a sua manifestação nos espectros observados. Estabelecer os conceitos fundamentais associados às tecnologias laser e espectroscopia. Introduzir a física dos plasmas e da espectroscopia com o técnica de diagnóstico.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*To present the treatment of the different interactions in atoms and of their manifestation in the observed spectra. To establish the main concepts associated with laser and spectroscopic technologies. Present and introduction to plasma physics and spectroscopy as a plasma diagnostic tool.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*PARTE I*

- Átomos com um electrão—Correcção relativista da energia cinética e de interação spin-órbita em átomos de um electrão, espectros de estrutura fina, experiência de Lamb e Retherford, desvios isotópicos, efeitos hiperfinos.*
- O espectro dos alcalinos e de raios X – Levantamento da degenerescência orbital, lacunas em camadas atómicas internas, espectros de raios X.*
- Átomos multieletrónico Aproximação do campo central, obtenção dos termos das configurações electrónicas, espectro dos átomos de dois electrões.*
- Acção de campos magnéticos externos—Caso do campo fraco e do campo forte.*

*PARTE II*

- Introdução á Física de Plasmas*
- Movimento de partículas carregadas*
- Teoria de fluidos aplicada a plasmas*
- Ondas em plasmas*
- Fluidos magnetohidrodinamicos*

### 3.3.5. Syllabus:

- One electron atoms – Relativistic correction of the kinetic energy, spin-orbit effects, fine structure, Lamb shift, isotopic shifts, hyperfine effects.*
- Alkaline and X-ray spectra – Lifting the orbital degeneracy in alkali atoms, internal holes, radiative and non radiative transitions.*
- Many-electron atoms – The two-electron atoms and the independent particle model, the central field approximation, ground states of the elements, the LS and jj coupling, the spectra of two electron atoms.*
- Atoms in a magnetic fields: The weak and the strong field.*
- Introduction to Plasma Physics*
- Motion of harges particles*
- Fluid theory applied to plasmas*
- Waves in plasmas*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*São abordadas as questões essenciais para a compreensão da temática, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências, tanto relativas à compreensão como à sua utilização operacional numa perspectiva de engenharia.*

*O ênfase é colocado na medida de propriedades físicas e no controlo completo da cadeia metrológica, do sensor / transdutor, ao dispositivo electrónico, suas interfaces e formas mais relevantes de processamento de sinal, tanto a 1 dimensão, como multi-dimensional.*

*Sempre que aplicável, serão abordados aspectos relativos ao ambiente físico em que a medida é realizada, bem como à implementação tecnológica das regulamentações ambientais e de segurança aplicáveis.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills, both in what concerns the theory and to ensure operational use of knowledge, in an engineering perspective.*

*Emphasis will be on the measurement of physical properties and on full control of the metrological chain, from the sensor / transducer, to the electronic devices, its interfaces and most relevant data processing, either one-dimensional or multi-dimensional.*

*Whenever applicable, students will be confronted with specification stemming from the physical environment where the measure will be made, as well as the technological implementation of the applicable environmental and safety regulations.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas, que se dedicam à exposição da matéria, e aulas teórico-práticas, que são utilizadas para a resolução e discussão de séries de problemas sobre a matéria dada nas aulas teóricas.*

*\*Método de avaliação:\**

*Quatro minitests escritos realizados durante o semestre (opcional).*

*Exame final escrito.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Lectures which provide the exposition of material, and classes which are used to solve and discuss sets of problems related to the material in the lectures.*

*\*Assessment methods:\**

*Four written small tests taken during the semester (optional). Final written examination.*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*As aulas teóricas são aulas de exposição sobre o temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.*

*Sendo uma unidade de carácter essencialmente experimental, o ensino é centrado na utilização das técnicas disponíveis e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos.*

*Este treino é concretizado nas aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos como práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*In the theoretical classes, the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain, followed by the discussion of exercises and scientific articles proposed by the teachers.*

*As the unit has essentially a practical nature, the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies.*

*This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real experiments, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of sophisticated equipment for measurements, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data.*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired. Laboratory experiments will be carried out using equipments available for regular research activity. This will give the students an opportunity to get on site experience with the experimental techniques in a research scientific environment*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*- Christopher J. Foot, Atomic Physics, 2005*

*- B. H. Bransden e C. J. Joachain, /Physics of Atoms and Molecules/, 1983.*

*- H. Haken e H. C. Wolf, /Atomic and Quantum Physics/, 1988.*

*- Francis F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, 1983*

*- "Introduction to Plasma Physics", R. J. Goldston, P. H. Rutherford, ed. Taylor and Francis, 1995*

- "Tokamaks", John Wesson, ed. Clarendon Press, 1997
- "The framework of plasma physics", Richard Hazeltine, François L. Waelbroeck, ed. Perseus Book, 1998

## Anexo IV - Fotónica

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Fotónica*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*José Manuel de Nunes Vicente Rebordão*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*Manuel Adler Abreu*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Fornecer os conceitos fundamentais e o desenho qualitativo das configurações que estão na base das principais aplicações da luz (fotónica) no século XXI.  
Identificar e descrever as funções passíveis de implementação óptica no contexto das tecnologias da sociedade de informação (tais como, por exemplo, comunicações, comutação, processamento, interconexões, redes).  
Clarificar os domínios (sobreponíveis) associados à optoelectrónica, fotónica, óptica quântica e nano-óptica, tanto em termos científicos e tecnológicos, como industriais.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*Describe the basics and fundamental concepts underlying the main applications of light (photonics) in the XXI century.  
Identification and modeling of the most important information technology functions which can be implemented optically (e.g., communications, commutation, processing, interconnecting, networking).  
Clarify the boundaries between the overlapping concepts of optoelectronics, photonics, quantum optics, nanooptics, in scientific, technological and industrial contexts.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1 – Equações de Maxwell*
- 2 – Óptica guiada*
- 3 – Lasers semicondutores*
- 4 – Óptica não-linear*

### 3.3.5. Syllabus:

- 1 – Maxwell equations*
- 2 – Optical waveguides*
- 3 – Semiconductor Lasers*
- 4 – Nonlinear optics*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*São abordadas as questões essenciais para a compreensão da temática, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências, tanto relativas à compreensão como à sua utilização operacional numa perspectiva de engenharia.*

*O ênfase é colocado na medida de propriedades físicas e no controlo completo da cadeia metrológica, do sensor / transdutor, ao dispositivo electrónico, suas interfaces e formas mais relevantes de processamento de sinal, tanto a 1 dimensão, como multi-dimensional.*

*Sempre que aplicável, serão abordados aspectos relativos ao ambiente físico em que a medida é realizada, bem como à implementação tecnológica das regulamentações ambientais e de segurança aplicáveis.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills, both in what concerns the theory and to ensure operational use of knowledge, in an engineering perspective.*

*Emphasis will be on the measurement of physical properties and on full control of the metrological chain, from the sensor / transducer, to the electronic devices, its interfaces and most relevant data processing, either one-dimensional or multi-dimensional.*

*Whenever applicable, students will be confronted with specification stemming from the physical environment where the measure will be made, as well as the technological implementation of the applicable environmental and safety regulations.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*T - Exposição da matéria, e aulas de laboratório para contacto com a manipulação de feixes laser na exploração da fenomenologia básica da óptica.  
L - Algumas experiências de óptica guiada, com lasers díodo e de detecção de radiação laser. Modelação de componentes e subsistemas fotónicos em Matlab.  
Avaliação: Trabalho / projecto pessoal escrito e a apresentar oralmente (60%). Caderno de Laboratório (40%).*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*T - Lectures which will provide the explanation of the relevant material.*

*L - In laboratory classes students will actually manipulate laser beams to study the basic phenomenology of optics and photonics. Experiments on guided optics, semiconductor lasers and detection. Modeling components and photonics subsystems with Matlab.*

*Evaluation: Written personal project also presented in class (60%). Laboratory note book (40%).*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*As aulas teóricas são aulas de exposição sobre os temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.*

*Sendo uma unidade de carácter essencialmente experimental, o ensino é centrado na utilização das técnicas disponíveis e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos.*

*Este treino é concretizado nas aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos como práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.*

### **3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*In the theoretical classes, the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain, followed by the discussion of exercises and scientific articles proposed by the teachers.*

*As the unit has essentially a practical nature, the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies.*

*This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real experiments, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of sophisticated equipment for measurements, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data.*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired. Laboratory experiments will be carried out using equipments available for regular research activity. This will give the students an opportunity to get on site experience with the experimental techniques in a research scientific environment*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

*Saleh B., Teich M., Fundamentals of Photonics (2<sup>a</sup> ed., Wiley, 2007).*

*K. Iizuka, Elements of Photonics, Wiley, 2002*

*Trager F., Handbook of Lasers and Optics (Springer, 2007).*

*K.D. Moller, Optics, Learning by Computing with Examples (Mathcad, Matlab), Springer, 2003*

*Encyclopedia of Laser Physics (<http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>)*

## **Anexo IV - Modelação Avançada em Engenharia**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Modelação Avançada em Engenharia*

### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*António Joaquim Rosa Amorim Barbosa*

### **3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*<sem resposta>*

### **3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Apresentar e discutir as principais soluções disponíveis nos sistemas de aquisição de dados, computação e simulação para a solução de problemas concretos.*

*Proceder a uma classificação formal dos principais sistemas disponíveis e dos problemas que resolvem evitando os detalhes específicos que podem ser inovados de futuro de forma diferente. Aplicar estes conhecimentos a um conjunto de problemas em Engenharia Física, e afins. Fomentar o trabalho prático com sistemas computacionais utilizados em engenharia e ciência colmatando sempre este trabalho com uma abordagem geral que prepara o aluno para a rápida evolução dos produtos disponíveis neste domínio.*

*Transmitir os conceitos de arquitectura de computadores essenciais à compreensão de qualquer sistema computacional de aquisição, controlo e processamento que o aluno venha posteriormente a encontrar na sua vida profissional.*

### **3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*Present and discuss the main solutions available for data acquisition, computation and simulation.*

*Establish a formal classification of the main systems available and the problems they address.*

*Apply this knowledge to a set of problems in Physics Engineering.*

*Encourage practical work with computer systems used in engineering and science, preparing the student for the rapid evolution of the products available in this area.*

*Explain the concepts of computer architecture essential for the understanding of any computer system for acquisition, control and data processing that the student will face in his future professional life.*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Part I: Integração de Sistemas de Aquisição de Dados, Controlo, Simulação e Computação.*

*Desenvolvimento dos computadores e das suas redes de comunicação; Eng<sup>a</sup> Projectos de desenvolvimento de software; Sist. operativos, interfaces e representação binária de números; Interfaces e "drivers" Sistemas Real-time; Linguagens, Algoritmos e Estruturas de Dados; Gestão de pacotes de software; Persistência introspecção; Descrição geométrica e sistemas de CAD e CAM; Protocolos de comunicação e arquitecturas cliente; Métodos numéricos.*

*Parte II: Sistemas de simulação e computação em Física e Engenharia*

*Simulação em Geometria, Animação e Mecânica; Elementos Finitos e Simulação de Deformações em Sólidos; Simulações: energia, termodinâmica e dinâmica de Fluidos; Electricidade e Magnetismo; Luz e Óptica; Física da Matéria Condensada e Fenómenos Químicos; Física Nuclear e Partículas; Interação da Radiação com a Matéria*

### **3.3.5. Syllabus:**

*Part I: Systems for Data Acquisition, Control, Simulation and Computation: Development of computers and their communication networks; Software Engineering; Operating systems, interfaces and binary representation of numbers; Interfaces and "drivers" for data acquisition and control cards; Real-time Systems; Languages, Algorithms and Data Structures; Software management; Persistence introspection; Geometric description systems; Communication protocols and client-server architectures; Numerical Methods.*

*Part II - Systems for Computing and Simulation in Physics and Engineering: Simulation in Geometry, Mechanics and Animation; Finite Element Simulation of Deformation in Solids; Simulation of energy, thermodynamics and fluid dynamics; Simulation of Electricity and Magnetism; Simulation on Light and Optics; in Condensed Matter Physics and Chemical Phenomena; in Nuclear Physics and Particles; of Interaction of Radiation with Matter*

### **3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*São abordadas as questões essenciais para a compreensão da temática, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências, tanto relativas à compreensão como à sua utilização operacional numa perspectiva de engenharia.*

*O ênfase é colocado na simulação de propriedades físicas e da cadeia metrológica, do sensor / transdutor, ao dispositivo electrónico, suas interfaces e formas mais relevantes de processamento de sinal, tanto a 1 dimensão, como multi-dimensional.*

*Sempre que aplicável, serão abordados aspectos relativos à modelação do ambiente físico em que a medida é realizada.*

### **3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills, both in what concerns the theory and to ensure operational use of knowledge, in an engineering perspective.*

*Emphasis will be on the simulation of the measurement of physical properties and of the metrological chain, from the sensor / transducer, to the electronic devices, its interfaces and most relevant data processing, either one-dimensional or multi-dimensional.*

*Whenever applicable, students will be confronted with specification stemming from the physical environment where the measure will be made and corresponding modelling.*

### **3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas com exposição da matéria e acompanhamento da leitura dos textos base por parte dos alunos.*

*Aulas práticas com utilização de ferramentas concretas de computação adequadas à apresentação aos conceitos expostos.*

*Para a avaliação, em alternativa cada aluno pode:*

*Elaborar dois trabalhos de discussão das soluções existentes para um domínio concreto em física com solução de um problema utilizando o desenvolvimento de código C++.*

*Exame final com parte teórica onde serão avaliados os conhecimentos sobre os vários formalismos apresentados e parte prática onde será desenvolvida uma em linguagem C++.*

### **3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Lectures to present the different subjects.*

*Hands on classes that use specific computer tools necessary to present the different concepts.*

*For the evaluation, each student can either:*

*\* Create two applications, documented through papers, for particular field in physics engineering that solve problems using C++ code.*

*\* Pass a final exam which will assess the student knowledge in the dif*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*As aulas teóricas são aulas de exposição sobre o temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo.*

*Sendo uma unidade de essencialmente de simulação computacional, o ensino é centrado na utilização das técnicas disponíveis e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos.*

*Este treino é concretizado nas aulas práticas onde os estudantes são confrontados ambientes de simulação profissionais e, sempre que possível, usados na indústria.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos*

como computacionais, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*In the theoretical classes, the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain.*

*As the unit has essentially a computational practical nature, the teaching is focused in the foundations and description of the simulation and modelling techniques and on the specific training in their application to some case studies.*

*This training is explored in the computer lab classes where the students gain skills on the understanding and utilisation of simulation environments, whenever possible fully professional and used by industry*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired. This will give the students an opportunity to get on site experience with the simulation techniques in a research scientific environment.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Cálculo Científico com MATLAB e Octave, Alfio Quarteroni e Fausto Saleri, Springer.*

*Introduction to Computer Simulation Methods: Applications to Physical Systems, Gould, Jan TYobochnik, 3th edition, 2007, Addison Wesley.*

*Physics for Game Developers, David M. Bourg, 2001, O'Reilly*

*Desenho Técnico Moderno, Arlindo Silva, Lidel*

*Professional Linux Programming, Neil Mathew and Richard Stones,*

*Makron Books, Wrox Press (tradução da MAKRON Books).*

*Linguagem C, Luis Damas, FCA*

*C++, Algoritmos e Estruturas de Dados, Pimenta Rodrigues, Pedro Pereira e Manuela Sousa, FCA*

*Scientific and Engineering C++, Jhon J. Barton, Lee R. Nackman, Addison Wesley, 1994*

*Objects, Abstraction, Datastructures and Design Using Java, Elliot B. Koffman, Paul A.T. Wolfgang, Jhon Wiley & Sons.*

*The Cathedral and the Bazar, Eric S. Raymond, O'Reilly*

*Linux, The Textbook, Sarwar, Koretsky, Sarwar, Addison Wesley*

*Ethernet, The definitive Guide, Charles Spurgeon, O'Reilly SCADA systems*

## Anexo IV - Nanofísica

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Nanofísica*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*Maria Margarida Colen Martins Cruz*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*<sem resposta>*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*A introdução dos conceitos fundamentais principais no estudo das propriedades electrónicas de sistemas nano-estruturados. Estudo de alguns fenómenos característicos da Física de sistemas nanométricos: efeito Hall quântico e Bloqueio de Coulomb. Apresentação das técnicas experimentais associadas à produção e caracterização dos sistemas nanométricos, focando os princípios físicos em que se baseiam.*

*Os alunos adquirirão competências para iniciar trabalho nas áreas relacionadas com Nanofísica e Nanotecnologia, conseguindo, para além de conhecer os princípios físicos básicos, entender muitos dos artigos científicos e livros publicados nesta área, que lhes permitirão complementar o conhecimento específico necessário.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*The course is an introduction to basic principles in the study of the electronic properties of nano-structured systems, including an introduction to the physical properties of nano-particles and an overview of the experimental techniques for their production and characterization. Particular phenomena of these systems like quantum Hall effect and Coulomb blockade governing single electron transport will be presented.*

*Students will learn the basic principles of the physics of nano-sized systems and will be able to begin research work in the area of nanotechnology. Also, being able to read and workout most of the scientific papers and books in the related areas, they will have no major difficulties in complementing the specific knowledge required.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*1. Introdução: o âmbito da Nanofísica*

*2. Conceitos básicos no estudo dos sólidos.*

*3. Semicondutores e dispositivos.*

*4. Sistema nano-estruturado 2d .*

*5. Sistema nano-estruturado 1d.*

*6. Transporte balístico. Conexão com o transporte difusivo.*

*7. Coerência de fase - Transporte versus transmissão*

*8. Transporte eléctrico por efeito de túnel – Bloqueio de Coulomb*

*9. Efeito do campo magnético nos estados electrónicos*

*10. Efeito Hall quântico*

*11. Sistemas 0D – agregados nanométricos*

*12. Propriedades ópticas*

13. Técnicas de produção e análise: Automontagem / Nanolitografia / Microscopia de Efeito de Túnel / Microscopia de Força Atómica

14. Sistemas específicos: Grafeno / Nanotubos de carbono / Fullerenos / Nanopartículas / Filmes finos / Multicamadas

15. Aplicações específicas: Propriedades magnéticas das nanopartículas / Electrónica de spin / Electrónica molecular / Simulação numérica no cálculo de nano-estruturas / Computação Quântica

### 3.3.5. Syllabus:

1. Introduction: The object of Nanophysics.

2. Basic principles in Solid State Physics.

3. Semiconductors and devices.

4. 2d nano-sized systems.

5. 1d nano-sized systems.

6. Ballistic transport. Connection with diffusive transport.

7. Electronic Phase Coherence. Transport Versus transmission.

8. Resonant tunnelling. One electron transport. Coulomb blockade.

9. The influence of magnetic field in the electronic states.

10. Quantum Hall Effect.

11. Nano-sized particles: general physical properties.

12. Optical properties of nanoparticles.

13. Production and Characterization techniques: Self-assembly / Nanolithography / Scanning Tunneling Microscopy (SEM)/ Atomic Force Microscopy (AFM).

14. Important systems: Graphene / Carbon nanotubes / Fullerenes / Nanoparticles / Thin films / Multilayers.

15. Important applications: Magnetic nanoparticles / Spin electronics / Molecular electronics / Quantum computation.

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

São abordadas as questões essenciais para a compreensão da temática, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências, tanto relativas à compreensão como à sua utilização operacional numa perspectiva de engenharia.

O ênfase é colocado nos conceitos físicos e na medição e controlo das propriedades físicas, do sensor / transdutor, ao dispositivo electrónico, e nas características mais relevantes do comportamento em sistemas de baixa dimensão.

Sempre que aplicável, serão abordados aspectos relativos ao ambiente físico em que a medida é realizada, bem como à implementação tecnológica das regulamentações ambientais e de segurança aplicáveis.

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills, both in what concerns the theory and to ensure operational use of knowledge, in an engineering perspective.

Emphasis will be on the physical concepts and on full control of the physical properties, from the sensor / transducer, to the electronic devices, and on the most relevant behavior of low dimensional systems.

Whenever applicable, students will be confronted with specification stemming from the physical environment where the measure will be made, as well as the technological implementation of the applicable environmental and safety regulations.

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas: exposição das matérias; aulas teórico-práticas: resolução de alguns problemas exemplificativos; tarefas: séries semanais de problemas resolvidos pelos alunos durante as TP's.

Avaliação: A classificação final será obtida pela média pesada de três componentes :

1. Resolução de problemas curtos realizados nas aulas práticas (25%)

2. Discussão e análise de artigos propostos - 3 durante o semestre (25%)

3. Realização de um trabalho escrito e uma exposição oral sobre um tema a seleccionar após o primeiro mês de funcionamento da disciplina dos temas incluídos nos pontos 13 a 15 do programa. (50%)

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical lectures: oral presentation of the subjects;

Problem discussing classes (TP): Some illustrative problems will be solved and discussed with the students. 10% of the time will be used for students' evaluation.

Student weekly task: Workout of proposed problems.

Grading: grading is calculated in a 0-20 scale, as an weighted average of the separated grading of three evaluation components:

1. Short questions individually solved during the TP classes (25%)

2. Written discussion and analysis of proposed scientific papers - 3 during the semester period (25%)

3. Written work and oral presentation of a theme selected from the discipline summarized content, items 13 to 15. (50%)

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

As aulas teóricas são aulas de exposição sobre os temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.

Sendo uma unidade de carácter fundamental, o ensino é centrado na resolução de exercícios de aplicação a casos concretos.

Este treino é concretizado nas aulas teórico- práticas onde os estudantes são confrontados com os fundamentos físicos e suas aplicações concretas o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de toda a teoria subjacente.

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos como práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.*

### **3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*In the theoretical classes, the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain, followed by the discussion of exercises and scientific articles proposed by the teachers.*

*As the unit has essentially a practical nature, the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies.*

*This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real experiments, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of sophisticated equipment for measurements, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data.*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired. Laboratory experiments will be carried out using equipments available for regular research activity. This will give the students an opportunity to get on site experience with the experimental techniques in a research scientific environment*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

*C. Dupas, P. Houdy, M.Lahmani, "Nanoscience: Nanotechnologies and Nanophysics", Springer  
C.Kittel, "Introduction to Solid State Physics", John Wiley & Sons, 8th ed  
J. M. Martinez-Duart, R.J. Martin Palma, F. Agullo Rueda, "Nanotechnology for Microelectronics and Optoelectronics", Elsevier  
S. Datta, "Electronic Transport in Mesoscopic Systems", Cambridge Univ. Press  
Yoseph Imry, "Introduction to Mesoscopic Physics", Oxford Univ. Press*

## **Anexo IV - Sensores**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Sensores*

### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*Manuel Adler Sanchez de Abreu*

### **3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*<sem resposta>*

### **3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*"Os sensores como interfaces entre sistemas reais e os circuitos electrónicos. Relação entre especificações externas (determinadas pela aplicação) e os subsistemas sensoriais, conhecidas as características de sistema destes últimos, independentemente da tecnologia utilizada. Modelação e avaliação do comportamento do sensor integrado num sistema. Metrics para optimização, controlo e decisão.*

*Competência para seleccionar e integrar um sensor num sistema. Conhecimento de um mercado de aplicações, industrial e de emprego gigantesco (>12 B US\$), que afecta todos os domínios sem excepção."*

### **3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*"Sensors as interfaces between real systems and electronic circuits. Relation between external specifications (determined by application) and sensor subsystems, known characteristics of the latter system, regardless of the technology used. Modeling and performance evaluation of an integrated sensor system. Metrics for optimization, control and decision.*

*Competence to select and integrate a sensor in a system. Knowledge of market applications, industrial and employment giant (> 12 B U.S. \$), which affects all areas without exception."*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Características gerais de sensores e sua classificação por famílias, de acordo com vários critérios. Sistemas de especificações. Materiais sensoriais. Fenómenos de conversão. Ruído. Aplicações (presença, movimento, posição, deslocamento, velocidade, aceleração, força, tácteis, pressão, fluxo, acústicos, luz, radiação, temperatura, químicos, ...). Sistemas de condicionamento de sinal, aquisição e controlo. Integração de sensores. Sensores interferométricos (radiação EM).*

### **3.3.5. Syllabus:**

*General characteristics of sensors and their classification by families, according to various criteria. Systems specifications. Sensor materials. Conversion phenomena. Noise. Applications (presence, movement, position, displacement, velocity, acceleration, force, touch, pressure, flow, acoustic, light, radiation, temperature, chemical, ...). Signal Conditioning, signal acquisition and control. Integration of sensors. Interferometric sensors (EM radiation).*

### **3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*São abordadas as questões essenciais para a compreensão da temática, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências, tanto relativas à compreensão como à sua utilização operacional numa perspectiva de engenharia.*

*O ênfase é colocado na medida de propriedades físicas e no controlo completo da cadeia metrológica, do sensor / transdutor, ao*

*dispositivo electrónico, suas interfaces e formas mais relevantes de processamento de sinal, tanto a 1 dimensão, como multi-dimensional.*

*Sempre que aplicável, serão abordados aspectos relativos ao ambiente físico em que a medida é realizada, bem como à implementação tecnológica das regulamentações ambientais e de segurança aplicáveis.*

### **3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills, both in what concerns the theory and to ensure operational use of knowledge, in an engineering perspective.*

*Emphasis will be on the measurement of physical properties and on full control of the metrological chain, from the sensor / transducer, to the electronic devices, its interfaces and most relevant data processing, either one-dimensional or multi-dimensional.*

*Whenever applicable, students will be confronted with specification stemming from the physical environment where the measure will be made, as well as the technological implementation of the applicable environmental and safety regulations.*

### **3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*"T - Apresentação de aspectos básicos e sistemática*

*TP - Trabalho individual, com apoio do docente*

*L - Desenvolvimento de um protótipo (conversão formatação analógica)*

*Avaliação - Protótipo modelado, caracterizado e respectivo descritivo. Defesa oral. Alunos organizados por grupos não superiores a 3 elementos"*

### **3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*"T - Presentation of the basic and systematic*

*TP - Individual work with the support of teachers*

*L - Development of a prototype (converting analog format)*

*Rating - Prototype modeled, characterized, and their description. Oral defense. Students organized by groups of no more than 3 elements"*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*As aulas teóricas são aulas de exposição sobre o temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.*

*Sendo uma unidade de carácter essencialmente experimental, o ensino é centrado na utilização das técnicas disponíveis e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos.*

*Este treino é concretizado nas aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos como práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.*

### **3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*In the theoretical classes, the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain, followed by the discussion of exercises and scientific articles proposed by the teachers.*

*As the unit has essentially a practical nature, the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies.*

*This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real experiments, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of sophisticated equipment for measurements, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data.*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired. Laboratory experiments will be carried out using equipments available for regular research activity. This will give the students an opportunity to get on site experience with the experimental techniques in a research scientific environment*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

*"Fraden J, Handbook of Modern Sensors - Physics, Designs, and Applications (3ª ed, Springer, 2004)*

*Webster J G, The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook (CRC, 1998)*

*Pallaas-Areny, R, Webster J G , Sensors and signal conditioning ( 2nd ed Wiley 2001) "*

## **Anexo IV - Sistemas de Imagem**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Sistemas de Imagem*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*José Manuel Nunes Vicente Rebordão*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*<sem resposta>*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*"Pretende-se:*

- Apresentar os conceitos básicos de teoria de sistemas ópticos de modo a fornecer uma abordagem coerente aplicável às principais áreas de aplicação.*
- Permitir que os alunos entendam os aspectos sistémicos que apoiam as especificações básicas de um sistema (resolução, sensibilidade, resposta dinâmica, funções descritivas, etc)*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*"The objectives are:*

- To disclose the basic principles of optical imaging in order to ensure a system approach to the most relevant applications using light*
- Help students understanding the physical basis of system specifications (resolution, sensitivity, dynamic response, etc) and corresponding tradeoffs.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1-Amostr. em 2D. Teorema de Shannon. Rep. formais de dados discretos. Descrição da entrada de um sistema e escolha das variáveis de representação. Sist. e sua classificação (lineares, causais, invariantes). Resposta de um sist. ópt. em termos da PSF e da OTF ou MTF. Relação entrada / saída.*
- 2-Formação de imagem: Repres. de objectos. Model. de difracção e de propagação da luz Efeitos das aberrações sobre a PSF e/ou MTF. Noções simplificadas da teoria da coerência. Repres. dos sist. coerentes e incoerentes. Função pupila.*
- 3-Arquitect. de sistemas ópticos: formação de imagem, colecção de luz, espectroscópicos; com ou sem varrimento, activos ou passivos, adaptativos, monocromáticos / multi / hiperspectrais, abertura única ou múltipla.*
- 4-Descrição de sist. ópticos em termos de sens., tolerâncias, resposta em tempo/frequência, ruído, interfaces, etc.*
- 5-Noções básicas de process. digital de imagens.*
- 6 – Ex. nos domínios da metrologia industrial imagem, ambiente, astrofísica, espaço.*

### 3.3.5. Syllabus:

- "1 – Sampling in 2D: Shannon theorem. Representation of discrete data. Input and representation variables. Classification of systems (linear, causal, invariant. System response in terms of PSF and OTF or MTF. Relation between input and output using Fourier integrals.*
- 2 – Imaging: representation of objects. Diffraction and propagation models. Effects of aberrations on PSF and MTF. Basic concepts of coherence theory. Description of incoherent and coherent imaging. Pupil function.*
- 3 – Architectures of optical systems: imaging and non-imaging, spectroscopic, scanning, active or passive, confocal, adaptive, mono/multi/hyperspectral, monolithic or synthetic aperture.*
- 4 – Description of systems in terms of sensitivity, tolerances, time and frequency response, noise, interfaces, etc.*
- 5 – Introduction to digital image processing.*
- 6 – Examples from image-based industrial metrology, environment, space, astrophysics."*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*São abordadas as questões essenciais para a compreensão da temática, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências, tanto relativas à compreensão como à sua utilização operacional numa perspectiva de engenharia.*

*O ênfase é colocado na medida de propriedades físicas e no controlo completo da cadeia metrológica, do sensor / transdutor, ao dispositivo electrónico, suas interfaces e formas mais relevantes de processamento de sinal, tanto a 1 dimensão, como multi-dimensional.*

*Sempre que aplicável, serão abordados aspectos relativos ao ambiente físico em que a medida é realizada, bem como à implementação tecnológica das regulamentações ambientais e de segurança aplicáveis.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills, both in what concerns the theory and to ensure operational use of knowledge, in an engineering perspective.*

*Emphasis will be on the measurement of physical properties and on full control of the metrological chain, from the sensor / transducer, to the electronic devices, its interfaces and most relevant data processing, either one-dimensional or multi-dimensional.*

*Whenever applicable, students will be confronted with specification stemming from the physical environment where the measure will be made, as well as the technological implementation of the applicable environmental and safety regulations.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*"T - Apresentação de aspectos básicos e sistemática*

*TP - Desenvolvimento de modelos numéricos para resolução de problemas ou para processamento de imagens*

*L – Situações de formação de imagem e de caracterização de sistemas ópticos*

*Avaliação – Caderno de laboratório. Realização de 2 mini-projectos entre óptica (ZEMAX), modelos funcionais ou processamento de imagem (Matlab). Defesa oral. Alunos organizados por grupos não superiores a 2 elementos."*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*"T – Overview of basic principles and systematics*

*TP – Development of numerical models to support problem solving or image processing*

*L – Imaging and characterization situations*

*Evaluation: Laboratory workbook. 2 mini-projects to be selected between optics (ZEMAX), functional modeling or image processing (Matlab). Oral presentation. Groups of 2 students, at most."*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos da unidade curricular.**

*As aulas teóricas são aulas de exposição sobre o temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.*

*Sendo uma unidade de carácter essencialmente experimental, o ensino é centrado na utilização das técnicas disponíveis e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos.*

*Este treino é concretizado nas aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos como práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.*

### **3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*In the theoretical classes, the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain, followed by the discussion of exercises and scientific articles proposed by the teachers.*

*As the unit has essentially a practical nature, the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies.*

*This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real experiments, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of sophisticated equipment for measurements, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data.*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired. Laboratory experiments will be carried out using equipments available for regular research activity. This will give the students an opportunity to get on site experience with the experimental techniques in a research scientific environment*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

*"Goodman, J W, Introduction to Fourier Optics (Roberts & Company, 2005)*

*Kramer H., Observation of the Earth and its Environment - Survey of Missions and Sensors (4ed, Springer 2002)*

*Allison W., Fundamental Physics for Probing and Imaging (OUP, 2006)*

*Bass M, Handbook of Optics (McGraw Hill, 2009)*

*Williams T, The Optical Transfer Function of Imaging Systems (Taylor & Francis, 1998)*

*James J, Spectrograph Design Fundamentals (CUP, 2007)*

*Hill J., Mégier J., Imaging Spectrometry, a Tool for Environmental Observations (Springer, 2007)*

*Tyson R., Adaptive Optics Engineering Handbook (Dekker, 2000)"*

## **Anexo IV - Técnicas Avançadas de Processamento e Caracterização de Materiais**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Técnicas Avançadas de Processamento e Caracterização de Materiais*

### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*Olinda Maria Quelhas Fernandes Conde*

### **3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*<sem resposta>*

### **3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Familiarizar os alunos com técnicas de processamento de materiais por laser e aplicações; compreender a importância dos diferentes parâmetros de processamento na qualidade/propriedades dos materiais processados.*

### **3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*To train the students on the utilization of lasers for materials processing, namely the understanding of the importance of processing parameters in the quality of the final products.*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Interacção radiação laser - matéria; aspectos térmicos e não térmicos da fotoablação*

*1. Absorção da radiação laser pela matéria: propriedades ópticas fundamentais, interacção da radiação com metais e dieléctricos*

*2. Aquecimento de um metal pela radiação laser*

*3. Vaporização de material: vaporização da superfície, de defeitos e impurezas*

*4. Formação da pluma de vapor*

5. Formação e expansão da pluma de plasma: criação de electrões primários, efeito de avalanche, propagação do plasma

II. Modificação de superfícies por irradiação com um feixe laser

1. Formação de nano-/microestruturas: mecanismos e exemplos de aplicação

III. Deposição de filmes finos com laser pulsado (PLD)

1. Influência de alguns parâmetros experimentais na dinâmica do processo de deposição

IV. Análise de nano-/microestruturas por Microscopia Electrónica de Varrimento

### 3.3.5. Syllabus:

*Interaction laser radiation - matter, thermal aspects and non-thermal photoablation 1.*

*Absorption of laser radiation by matter: fundamental optical properties, interaction of radiation with metals and dielectrics 2. Heating of a metal by laser radiation 3. Vaporization of material: vaporization of the surface defects and impurities 4. Formation of the plume of steam 5. Formation and expansion of the plasma plume: the creation of primary electrons, the avalanche effect, propagating plasma II. Modification of surfaces by irradiation with a laser beam 1. Training nano-/microestruturas: mechanisms and examples of application III. Deposition of thin films with pulsed laser (PLD) 1. Influence of some experimental parameters on the dynamics of the deposition process IV.*

*Nano-/microestruturas Analysis by Scanning Electron Microscopy*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*São abordadas as questões essenciais para a compreensão da temática, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências, tanto relativas à compreensão como à sua utilização operacional numa perspectiva de engenharia.*

*O ênfase é colocado na medida de propriedades físicas e no controlo completo da cadeia metrológica, do sensor / transdutor, ao dispositivo electrónico, suas interfaces e formas mais relevantes de processamento de sinal, tanto a 1 dimensão, como multi-dimensional.*

*Sempre que aplicável, serão abordados aspectos relativos ao ambiente físico em que a medida é realizada, bem como à implementação tecnológica das regulamentações ambientais e de segurança aplicáveis.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills, both in what concerns the theory and to ensure operational use of knowledge, in an engineering perspective.*

*Emphasis will be on the measurement of physical properties and on full control of the metrological chain, from the sensor / transducer, to the electronic devices, its interfaces and most relevant data processing, either one-dimensional or multi-dimensional.*

*Whenever applicable, students will be confronted with specification stemming from the physical environment where the measure will be made, as well as the technological implementation of the applicable environmental and safety regulations.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Exposição das matérias e realização de projectos laboratoriais.*

*Avaliação: realização de um trabalho escrito sobre processamento de materiais por laser, a acrescentar à avaliação contínua resultante das discussões semanais.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Lectures for presentation of the subjects and experimental projects.*

*Grading: Written report about laser processing and weekly discussions*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*As aulas teóricas são aulas de exposição sobre o temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.*

*Sendo uma unidade de carácter essencialmente experimental, o ensino é centrado na utilização das técnicas disponíveis e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos.*

*Este treino é concretizado nas aulas práticas de laboratório onde os estudantes são confrontados com a realidade das experiências e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, e ganhar competências na compreensão e utilização de equipamento sofisticado, na preparação de experiências específicas para aquisição da informação pretendida sobre os sistemas a estudar, no controlo das experiências e dos erros associados e ainda na análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos como práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*In the theoretical classes, the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain, followed by the discussion of exercises and scientific articles proposed by the teachers.*

*As the unit has essentially a practical nature, the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies.*

*This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real experiments, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of sophisticated equipment for measurements, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data.*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired. Laboratory experiments will be carried out using equipments available for regular research activity. This will give the students an opportunity to get on site experience with the experimental techniques in a research scientific environment*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

#### *I. Livros de texto:*

- 1. Lasers in Materials Science, R.P. Agarwala (ed.), Trans Tech Publ., 1999*
  - 2. Laser-assisted Microtechnology, S.M. Metev & V.P. Veiko, Springer, 1998*
  - 3. Pulsed Laser Deposition of Thin Films, D.B. Chrisey & G.K. Hubler (eds.), Wiley, 1994*
  - 4. Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis, J.I. Goldstein et al., Plenum, 1992*
- #### *II. Diversos artigos publicados em revistas do SCI*

## **Anexo IV - Sistemas Magnéticos**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Sistemas Magnéticos*

### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*Maria Margarida da Fonseca Beja Godinho*

### **3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*<sem resposta>*

### **3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Apresentar os conceitos fundamentais utilizados para o estudo de sistemas magnéticos e familiarizar os alunos com aplicações actuais*

### **3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*The course is an introduction to basic principles in the study of magnetic systems and their applications. Students will learn the fundamentals of the physics of magnetism and will be familiar with some of the most recent applications of magnetic systems.*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

- 1.Comportamento magnético dos materiais*
- 2.Origem atómica do magnetismo; momentos magnéticos permanentes;.Paramagnetismo de iões livres: teoria clássica de Langevin e lei de Brillouin*
- 3.Iões numa rede cristalina; anisotropia magnetocristalina*
- 4.Interacção de troca; ordem a longa distância; ferromagnetismo e antiferromagnetismo; modelos de campo molecular*
- 5..Descrição fenomenológica da anisotropia magnética; anisotropia de forma e anisotropia de superfície*
- 6..Contribuição dos electrões de condução; paramagnetismo de Pauli; magnetismo itinerante; critério de Stoner; interacção RKKY; interacções competitivas; frustração magnética*
- 7..Materiais e aplicações; métodos experimentais*
- 8..Baixa dimensionalidade; filmes e multicamadas magnéticas; acoplamento entre camadas*
- 9..Magneto-resistência gigante; magneto-resistência colossal Spintrónica; Aplicações.*

### **3.3.5. Syllabus:**

- 1. Magnetic behavior; Atomic origin of magnetism; permanent magnetic moments*
- 2. Paramagnetism of isolated ions: Semiclassical treatment. The Brillouin function*
- 3. Crystal field; magnetocrystalline anisotropy*
- 4. Exchange interaction; long range order; ferromagnetism and antiferromagnetism; molecular field models*
- 5. Magnetic anisotropy - phenomenological approach; shape anisotropy and surface anisotropy*
- 6. Role of conduction electrons; Pauli spin paramagnetism; itinerant electron magnetism; Stoner criterion; RKKY interaction; competing interactions; magnetic frustration.*
- 7. Materials and applications; experimental techniques*
- 8.low dimensional systems; magnetic films and multilayers; interlayer coupling.*
- 9. Giant Magnetoresistance (GMR); Colossal Magnetoresistance (CMR); Spintronics; applications.*

### **3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*As propriedades magnéticas da matéria desempenham um papel fundamental nas escalas reduzidas, e devem ser adequadamente compreendidas e modelizadas.*

*São abordadas as questões essenciais para a compreensão da temática, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências, tanto relativas à compreensão como à sua utilização operacional numa perspectiva de engenharia.*

*O ênfase é colocado nos conceitos físicos e na medição e controlo das propriedades físicas, do sensor / transdutor, ao dispositivo electrónico, e nas características mais relevantes do comportamento em sistemas magnéticos.*

*Sempre que aplicável, serão abordados aspectos relativos ao ambiente físico em que a medida é realizada, bem como à implementação tecnológica das regulamentações ambientais e de segurança aplicáveis.*

### **3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*The magnetism of matter plays a critical role at reduced scales and must fully understood and modelled.*

*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills, both in what concerns the theory and to ensure operational use of knowledge, in an engineering perspective.*

*Emphasis will be on the physical concepts and on full control of the physical properties, from the sensor / transducer, to the electronic devices, and on the most relevant behavior of magnetic systems.*

*Whenever applicable, students will be confronted with specification stemming from the physical environment where the measure will be made, as well as the technological implementation of the applicable environmental and safety regulations.*

### **3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Método de ensino:*

*Aulas teóricas, que se dedicam à exposição da matéria, e aulas de laboratório, que são utilizadas para obter informação sobre as propriedades físicas dos sistemas tratados e para familiarizar os alunos com as técnicas experimentais associadas.*

*Avaliação: Testes escritos durante o semestre (opcional). Exame final escrito. Relatório escrito e apresentação oral da actividade laboratorial realizada.*

### **3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Theoretical lectures: oral presentation of the subjects*

*Laboratory classes: the students will be able to use some of the experimental techniques presented in the course, to get information about the physical properties of selected magnetic systems.*

*Evaluation: evaluation is calculated in a 0-20 scale, including*

*1. Written tests during the teaching period (optional)*

*2. Written report and oral presentation of the practical work carried out in the laboratory component*

*3. Written final exam.*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*A complexidade dos modelos relativos ao magnetismo exige a existência de aulas teóricas e de resolução de problemas. Este domínio exige ainda a realização de trabalhos laboratoriais, essencialmente numa formação de engenharia física.*

*As aulas teóricas são aulas de exposição sobre o temas propostos onde são apresentados os conceitos e os modelos existentes ; nas aulas teórico-práticas são discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.*

*Sendo uma unidade com um componente experimental importante o ensino é complementado com prática relativa à utilização das técnicas disponíveis e treino relativamente à sua utilização em casos concretos que inclui o controlo das experiências e dos erros associados e a análise e interpretação dos dados obtidos com base nos modelos existentes.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos, tanto teóricos como práticos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica.*

### **3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*The complexity of this subject requires adequate theoretical background and problem solving. In addition, specially in the context of physical engineering, magnetism demands adequate laboratorial experiments for students to understand the magnetic phenomena.*

*In the theoretical classes, the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain; discussion of exercises and scientific articles proposed by the teachers will be carried out in TP lectures.*

*As the unit has a practical nature, the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some case studies.*

*This training is explored in the laboratory classes where the students can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of the available equipment for measurements, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data.*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired.*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

*Magnetism in Condensed Matter, Stephen Blundell, Oxford University Press*

*Introduction to Magnetic Material, by B. D. Cullity, C. D. Graham, John Wiley and sons*

## **Anexo IV - Cálculos de Estrutura de Bandas / Band Structure Calculations**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Cálculos de Estrutura de Bandas / Band Structure Calculations*

### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*Thomas Gasche*

### **3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Aprendizagem de técnicas de cálculo de estruturas de bandas e das capacidades e limitações das diferentes abordagens. Treinar os alunos na compreensão dos conceitos e na aplicação das ferramentas básicas de cálculos da estrutura electrónica para dedução das propriedades físicas nomeadamente propriedades estruturais, ópticas, eléctricas e magnéticas. Fornecer o conhecimento necessário para a leitura de artigos científicos envolvendo este tipo de cálculos e para a comparação com resultados experimentais.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*Learn relevant techniques for band structure calculations and the capabilities and limitations of different methods.*

*Develop the student's comprehension of the basic concepts of band structure calculations and the tools (computer programs) that can calculate physical properties such as: structural, optical, electric and magnetic.*

*Supply the necessary knowledge so that a student can read scientific articles these calculations and can make comparisons between theoretical and experimental results.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução: Híbridação, valores próprios e vectores próprios, densidade de carga e auto-consistência. Cálculos iniciais. Construção da célula unitária. Comparação da energia calculada em função da estrutura cristalina e em função do volume – análise do módulo de compressibilidade. Comparação entre a estrutura de bandas para um metal e um isolador. Comparação entre o hiato calculado e o valor experimental. Transições ópticas como excitação nas pseudo-partículas. Comparação com a experiência para casos concretos. Magnetismo itinerante e localizado. O modelo Stoner, a curva Slater-Pauling, acoplamento magnético e a temperatura de Curie. Density Functional Theory, Local Density Approximation and Specific Correlations. Apresentação dos teoremas de base; limitações para aplicações: (i) diferença entre os valores próprios Kohn-Sham e os valores próprios reais (o hiato em isoladores e a excitação óptica) (ii) para além da LDA – correlações específicas (Hubbard U).*

### 3.3.5. Syllabus:

*Introduction: Hybridization, eigenvalues and vectors, charge density and self-consistency. Initial calculations.*

*Construction of the unit cell. Comparison of the energy calculated for different crystal structures and as a function of volume – analysis of the bulk modulus.*

*Comparison of the band structure for a metal and for an insulator. Comparison between calculated and experimental values for a band gap.*

*Optical transitions as an excitation of pseudo-particles. Comparison with experiment.*

*Itinerant and localized magnetism. The Stoner model and the Slater-Pauling curve. Magnetic coupling and the Curie Temperature.*

*Density Functional Theory, Local Density Approximation and Specific Correlations. Presentation of the basic theorems and the limitations in applications: (i) the difference between the Kohn-Sham eigenvalues and real eigenvalues (band gap in insulators and optical excitation) (ii) beyond LDA – specific correlations (Hubbard U).*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*São abordadas as questões essenciais no quadro das técnicas de cálculo de estruturas de bandas, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências no domínio da sua aplicação a diferentes sistemas e para uma iniciação à investigação científica envolvendo esta temática.*

*As técnicas de cálculo de estruturas de bandas serão exploradas e a sua utilização do para a previsão das propriedades físicas será demonstrada para casos concretos de aplicação. Será incluída a discussão dos erros de cálculo mais comuns, assim como as especificações e limitações para diferentes tipos de materiais e nanoestruturas.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills concerning band structure calculations for different systems and permitting an initiation into scientific investigation using these techniques.*

*Techniques of band structure calculations will be explored and their utilization in the prediction of physical properties will be demonstrated for certain examples. A discussion of common errors will be included as will specific limitations for different types of materials and nanostructures.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas para apresentação das diferentes técnicas e práticas computacionais para utilização das técnicas. A avaliação inclui a apresentação dos cálculos na forma de pequenos relatórios após cada sessão prática e uma apresentação final sobre um dos cálculos efectuados ao longo das sessões práticas, a combinar com o Professor responsável.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Lectures and computational work. During lectures general presentation and explanations of different techniques will be given.*

*Evaluation includes the presentation of calculations in the form of short reports after each practical session and a final report on one of the calculations carried out during the practical sessions.*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*As aulas teóricas são aulas de exposição sobre os temas propostos onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.*

*Sendo uma unidade de carácter essencialmente computacional, o ensino é centrado na utilização das técnicas e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos que cobrem os principais tipos de sistemas.*

*Este treino é concretizado nas aulas práticas onde os estudantes são confrontados com os cálculos e os fundamentos físicos que as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, ganhar competências na compreensão das técnicas e no controlo das hipóteses iniciais utilizadas assim como na interpretação dos resultados obtidos e sua comparação com os resultados experimentais.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos teóricos e práticos adquiridos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica nesta área.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*In the theoretical classes the different issues will be explained, namely the basic concepts, models and recent development in the domain, followed by the discussion of exercises and scientific articles proposed by the lecturers.*

*As the unit has essentially a computational nature the teaching is focused in the foundations and description of the techniques and on the specific training in their application to some case studies representative of materials, both bulk and nanostructured.*

*This training is explored in the laboratory classes where the students, facing the real calculations, can check the physical concepts and gain skills on the understanding and utilisation of the techniques for the prediction of the physical properties in different types of systems and nanostructures, on the control of experiments and associated errors as well as on the analysis and interpretation of data.*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*- Theory of Itinerant Electron Magnetism , Jurgen Kubler*

*Density functional theory: a practical introduction, David S. Sholl, Janice A. Steckel*

*A primer in density functional theory, editado por Carlos Fiolhais, Fernando Nogueira, Miguel Marques*

## Anexo IV - Potência Pulsada: Tecnologia e Aplicações/ Pulsed Power, Technology and Applications

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Potência Pulsada: Tecnologia e Aplicações/ Pulsed Power, Technology and Applications*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*Luís M. Redondo*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*Maria José Ribeiro Gomes*

*Fabio Cavalcante*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Estudar os princípios físicos associados à ciência e tecnologia de potência pulsada.*

*Demonstrar as vantagens dos campos pulsados em comparação com os métodos clássicos DC e AC, e rever as técnicas para a produção de pulsos de alta tensão repetitivos.*

*Evidenciar a utilização das técnicas de pulsos de alta tensão repetitivos em ciência dos materiais, e em aplicações biomédicas e na área do ambiente.*

*Projectar sistemas de potência pulsada com diferentes tipos de carga.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*To study the physical principles associated with Pulsed Power science and technology.*

*To demonstrate the advantages of pulsed fields in comparison with classic DC and AC methods and to review the techniques for generating high-voltage repetitive pulses.*

*To evidence the use of high-voltage repetitive pulses in material science, environment and biomedical applications.*

*To project pulsed power systems using different load types.*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução aos conceitos físicos da tecnologia de potência pulsada.*

*Identificação e descrição dos sistemas típicos de potência pulsada.*

*Principais topologias para a geração de altas tensões. Métodos de armazenamento de energia. Tecnologias de switches. Diagnóstico;*

*Aplicações de potência pulsada, desde os aceleradores, à ciência de materiais e ao ambiente. Tipos de cargas associados às aplicações de potência pulsada.*

*Projecto de um sistema de potência pulsada.*

### **3.3.5. Syllabus:**

*Introduction to the physical concepts of Pulsed Power technology. History of Pulsed Power.*

*Identification and description of typical pulsed power systems.*

*Principal topologies for high-voltage generation. Energy storage methods. Switching technology. Diagnostic.*

*Applications of Pulsed Power, from accelerators to material science and environment. Types of loads associated with pulsed power applications.*

*Project of a pulsed power system.*

### **3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*São abordadas as questões essenciais para a compreensão da temática proposta, com a sequência e profundidade necessárias para uma aquisição de competências no domínio da aplicação de técnicas de potência pulsada e para uma iniciação à investigação científica envolvendo esse tipo de tecnologia.*

*Os conceitos envolvidos na tecnologia de potência pulsada são explicados e descritos em paralelo com a informação geral relativa a aplicações em ciência e indústria, e as técnicas de geração de alta tensão disponíveis são demonstradas para aplicações correntes (por exemplo na área da ciência de materiais)*

### **3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*The key issues for the understanding of the proposed themes are outlined with the sequence and depth needed for an acquisition of skills concerning the understanding of pulsed power generation and applications, and for an efficient introduction to scientific research involving this type of technology.*

*Pulsed Power science and technology concepts are explained and described along with general information regarding applications in science and industry. This also includes the demonstration of the high voltage generating techniques available as well as its R&D current applications (for example in materials science).*

### **3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas e práticas de laboratório.*

*As aulas de laboratório incluem a operação de sistemas de potência pulsada e a participação em experiências de aplicação da técnica à engenharia de materiais.*

*A avaliação terá por base a participação nas aulas de laboratório e a discussão de artigos científicos.*

### **3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Lectures and laboratory work.*

*Laboratory work includes the operation of pulsed power systems and the participation in experiments concerning material engineering applications.*

*Evaluation will be based on participation in laboratory classes and oral discussions of scientific publications.*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*As aulas teóricas são aulas de exposição sobre os princípios da ciência e tecnologia da potência pulsada, onde são apresentados os conceitos, os modelos existentes e os desenvolvimentos recentes na área em estudo, discutidos exercícios e realizada a análise de artigos, sob proposta do(s) docente(s) envolvidos.*

*Sendo uma unidade de carácter essencialmente laboratorial, o ensino é centrado nos fundamentos e na utilização das técnicas e no treino relativamente à sua aplicação a casos concretos que cobrem os principais tipos de sistemas.*

*Este treino é concretizado nas aulas práticas onde os estudantes são confrontados com os cálculos e os fundamentos físicos que*

*as suportam, o que lhes permite complementar e consolidar os conceitos adquiridos, ganhar competências na compreensão das técnicas e no controlo das hipóteses iniciais utilizadas assim como na interpretação dos resultados obtidos e sua comparação com os resultados experimentais.*

*O conjunto das metodologias de ensino e de avaliação permite a consolidação dos conhecimentos teóricos e práticos adquiridos, ao mesmo tempo que introduz os estudantes ao trabalho de investigação científica nesta área, com base em sistemas desenvolvidos sobre especificação pelos alunos.*

### **3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*During lectures the physical principles of Pulsed Power science and technology will be explained together with the recent developments in the field explored through the discussion of scientific articles proposed by the teachers.*

*As the unit has essentially a practical nature, the teaching is focused in the foundations and description of the experimental techniques and on the specific training in their application to some representative case studies .*

*This training is explored in the laboratory classes where the students can check the physical concepts and gain skills on the utilisation of the equipment, on the preparation of the experiments and on the control of associated errors.*

*The ensemble of the teaching methodologies and evaluation procedures allows the consolidation of the theoretical and practical knowledge acquired.*

*Laboratory experiments carried out using custom built pulsed power systems will give the students an opportunity to get a hands-on experience with Pulsed Power technologies in a scientific research environment.*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

*Pulsed Power Systems, Principles and Applications”, H. Bluhm, 2006, XV, Springer*

*26th chapter “Solid-state Pulsed Power”, L. M. Redondo and J. Fernando Silva from “Power Electronics Handbook – Devices, Circuits and Applications”, 3rd edition, Elsevier, Muhammad H. Rashid, 2011.*

## **Anexo IV - Opto-Mecânica e Técnicas Adaptativas de Controlo**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Opto-Mecânica e Técnicas Adaptativas de Controlo*

### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):**

*António Joaquim Rosa Amorim Barbosa*

### **3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

*André Moitinho*

### **3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:**

*Familiarizar-se com sistema de posicionamento e fabrico para sistemas ópticos e mecânicos.*

*Conhecer alguns exemplos típicos de óptica activa e adaptativa necessárias, por exemplo, para sistemas interferométricos de observação em astrofísica.*

### **3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:**

*The student will improve its ability to deal will all the positioning and manufacture aspects of optical and mechanical systems, as well as understand in-depth some examples of active and adaptive optics necessary, for example, in interferometric observation in astrophysics*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Revisão dos princípios do desenho de sistemas mecânicos para instrumentos ópticos, incluindo o desenho de sistemas criogénicos.*

*Análise do desajuste de escalas entre a alta precisão mecânica e óptica.*

*Técnicas de fabrico mecânico e óptico.*

*Métodos interferométricos de medida e alinhamento.*

### **3.3.5. Syllabus:**

*Overview of the principles of mechanical design for optical systems, including its response under cryogenic conditions.*

*Analysis of potential mismatches between high precision in optics and mechanics.*

*Mechanical and optical fabrication techniques*

*Interferometric methods for measurement and alignment.*

### **3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.**

*O desenvolvimento de instrumentação (deste a simulação, projecto, à construção e teste) constitui a actividade normal do Engenheiro Físico. Na FCUL e neste 3º ciclo em particular, a instrumentação óptica para espaço e astrofísica constitui um dos elementos de maior relevância, dado o envolvimento muito forte das suas unidades nos programas da ESA e do ESO, com intervenção directa em inúmeros aspectos relativos a sistemas de observação, desde o hardware à modelação e simulação sistemática do instrumento.*

*Diversas UC relativas a instrumentação óptica e sensores de luz fazem já parte do grupo B de disciplinas opcionais, pois fazem parte do Mestrado Integrado em Engenharia Física. A instrumentação óptica é igualmente coberta por outras UC do grupo A de disciplinas opcionais, designadamente no domínio da metrologia óptica avançada, propagação de feixes, sistemas laser e processamento de sinal e imagem; os aspectos relativos à componente electrónica, estão igualmente cobertos em diversas UC, designadamente na instrumentação virtual, controlo, ruído e processamento estatístico de sinais.*

*Neste contexto, e uma vez que muitos dos estudantes que optarem por realizar o seu doutoramento no domínio da instrumentação ou dos sistemas de instrumentos ópticos, já terão conhecimentos estruturados nestas matérias, esta UC incidirá sobre os aspectos mecânicos e estruturais, em particular os associados à sua resposta térmica – que pode ter grandes amplitudes em condições criogénicas ou no espaço - e a técnicas de controlo e compensação dinâmicas que podem mitigar a amplitude de tais efeitos, ou mesmo anulá-los, deste modo viabilizando o cumprimento das especificações científicas a que o instrumento deve satisfazer.*

*Esta UC conta com a colaboração do Eng. Jorge Lima, técnico superior do Centro SIM, que tem um currículo muito relevante, com experiência nacional e internacional nas áreas da opto-mecânica e detectores.*

### **3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

*Developing instruments (from simulation to project, manufacturing and testing) is a normal activity for a Physical Engineer. At FCUL, and in the context of this PhD program, optical instrumentation for space and astrophysics is one of the major objectives and topic of action of its research units, strongly active in ESA and ESO programs related to optical instrumentation, from hardware to modeling and in-depth simulation to validate specifications and technological options.*

*Several teaching units related to optical instruments are already included in the Group B of optional units, being a part of the syllabus of the Integrated Master in Physical Engineering. Optical instrumentation is also covered by other units of Group A of optional units, namely those concerning beam propagation, optical metrology, laser systems, image processing. Electronic aspects of optical instrumentation are also covered in other units on virtual instrumentation, control, noise and stochastic signal processing.*

*In such context –and assuming that students willing to develop instruments have already a previous background in several aspects of instrumentation - this UC will focus on the mechanical and structural aspects of optical instruments, in particular those associated to their thermal response – which can vary widely under cryogenic conditions or in space - and to dynamical techniques to control or to mitigate the wide range of the response, therefore enabling the instrument to comply with technological specifications derived from scientific requirements.*

*In this UC there is a contribution of Eng. Jorge Lima, a technical researcher from the research unit SIM, which has a relevant CV, with national and international experience, in the domain of optical-mechanics and detectors.*

### **3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas formais de síntese e realização de trabalhos de pesquisa pelos alunos. Avaliação por relatórios escritos e apresentação oral.*

### **3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

*Formal lectures. Research projects to be made by students, with written reports that will be assessed and orally presented for the final evaluation of the students' performances.*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.**

*Este módulo estabelece um complemento avançado que potencia não só as competências previamente adquiridas pelos alunos mas também a experiência de participação de equipas de investigação da FCUL em grandes projectos internacionais de instrumentação em óptica, opto-mecânica e interferometria.*

*O ensino dará ênfase na preparação dos alunos para a actividade de investigação através da elaboração de trabalhos orientados para a pesquisa onde são estimuladas a criatividade e a capacidade de trabalho autónoma dos alunos.*

### **3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.**

*This advanced module complements the previously established student expertise. It profits from the important knowledge available in the research teams at FCUL that are involved in large international projects of optical, electromechanical and interferometric instrumentation.*

*The teaching methodology sets the emphasis in engaging the students in research work stimulating both the creativity and the ability to carry out work in an autonomous way.*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

*Astronomical Optics and Elasticity Theory - Active Optics Methods - Gerad Rene Lemaitre, Springer  
Adaptive Optics Engineering Handbook, Brian J. Thompson, Marcel Dekker Inc., 2000*

## **Anexo IV - Qualidade, Ambiente e Segurança**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Qualidade, Ambiente e Segurança*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*Maria José Vitoriano Lourenço*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*<sem resposta>*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Dotar os alunos com conhecimentos básicos nas áreas da Qualidade, do Ambiente e da Segurança, fornecendo-lhes os conhecimentos necessários para, no futuro, poderem implementar estas normas nas empresas a que venham a estar ligados. Pretende-se dotar os estudantes com conhecimentos básicos em: Qualidade (Metrologia, Acreditação, Certificação e Normalização), nas suas bases científicas (Metrologia e incertezas das medições), empresariais, organizativas e de gestão; Ambiente (temas da classificação, reciclagem e encaminhamento dos resíduos produzidos); Segurança em laboratório (legislação e normas, abordagem sistémica da ergonomia, auditorias de segurança).*

*Criar competências que permitam,*

*- integração em situações que exigem o conhecimento dos programas REACH e GHS.*

*- estabelecer um compromisso entre as vertentes Qualidade e Ambiente no cumprimento da componente Segurança e Higiene no Trabalho.*

*- aptidão para o cálculo de Valores Limites de Exposição em ambiente de laboratório.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*It is intended to supply knowledge that allows the students to implement in the future norms in the companies and competencies in:*

*- Certification and Normalization, enterprise, organization and of management; environment, classification, recycling and guiding of the produced residues;*

*- Security in laboratory, Auditors of security.*

*To create abilities to the students so that easily they are integrated in situations that demand the total knowledge of programs REACH and GHS and in this way to facilitate to the execution of the requirements and/or recommendations of the European Agency of Chemical Substances. To know to establish a commitment between the sources Quality and Environment in the fulfillment of the component Security and Hygiene in the Work. Aptitude for the calculation of Boundary-values of Exposition in laboratory environment.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Qualidade, Normalização, Qualificação e Metrologia. Metrologia nas empresas. Métodos de medição. Acreditação, Certificação.*

*Norma NP. EN ISO/IEC 17025. Sistemas de Gestão da Qualidade: Normas ISO 9000; 14001 e EMAS - Aplicação às empresas.*

*Cálculo de incertezas na medição.*

*Ambiente: Classificação e quantificação da poluição. Formas de energia; sua relação com o ambiente. Legislação do ambiente. O tratado de Kyoto e o Clean Development Mechanism of 2003. Poluição atmosférica, dispersão dos poluentes. Os parâmetros ind e lab das águas. Tipo de ETAR. Resíduos urbanos, industriais, hospitalares e perigosos. Gestão de resíduos.*

*Segurança técnica e física. Segurança no laboratório. Dualidade equipamentos-pessoas. Triângulo da segurança. Riscos mundo moderno industrial. Legislação e auditorias. Programa REACH e a poluição ambiental. Agência Europeia das Substâncias Químicas. GHS= Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals. MSDS - Material Safety Data Sheet.*

### 3.3.5. Syllabus:

*Quality. Portuguese System of Quality (SPQ). Normalization, Qualification and Metrology . Methods of measurement. Accreditation, Certification and other types of Qualification. Norma NP. EN ISO/IEC 17025. Norms ISO 9000; 14001 and EMAS. Materials of reference. Calculation of uncertainties in measurement. Environment, pollution, Portug and internat legislation. Classif of pollution. Pollutant chem substances. Energy-relation with environment. Legisl. of environment Ambiental problems. Kyoto and Clean Development Mechanism of 2003. Atmospheric pollution. Indust and lab parameters of waters. Urban, industl, hosp and dangerous residues, management. Security techn and physical security, identific of pollutant; treatment of urban, industrial, hospital and chemical dangerous residues. Security in laboratory. Risks of modern world. Legisl and auditors of security. REACH and ambient pollution. European Agency of Chemical Substances. Program GHS. MSDS - Material Safety Data Sheet.*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*Os conteúdos programáticos estão perfeitamente adequados ao objectivo de uma disciplina de 1º ciclo que demonstra a importância das três áreas referidas e a função fundamental da química no sistema sustentável do planeta. A disciplina demonstra que só a compressão das três áreas possibilita uma visão abrangente e conhecedora do mundo que nos rodeia possibilitando o cálculo de valores de incertezas numa medição e avaliando quantitativamente, por exemplo, a qualidade do ar que respiramos no nosso local de trabalho ou mesmo em nossas casas, todos os dias.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The syllabus contents are perfectly adjusted to the objectives of a 1st cycle discipline that demonstrates the importance and the versatility of the three cited areas and the basic function of chemistry in the sustainable system of the planet. It disciplines it demonstrates that only the compression of the three areas makes possible an including vision and expert of the world that in encircles them quantitatively making possible the calculation of values of uncertainties in a measurement and evaluating, for example, the quality of air that we breathe in our same workstation or in our houses, all the days.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas e sempre que possível seminários. As aulas consistem essencialmente na apresentação e explicação do docente responsável sobre os diferentes temas do programa. Alguns temas são abordados em palestras proferidas por convidados, docentes e investigadores que desenvolvem trabalho nas áreas da Qualidade, do Ambiente e/ou Segurança. Visionamento de vídeos e sempre que possível visitas a unidades especializadas no tema.*

*A avaliação será periódica efectuada por testes programados e por perguntas sem aviso prévio ao longo do semestre.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Theoretical lessons and whenever possible seminars. The lessons essentially consist of the presentation and explanation of the*

responsible professor on the different subjects of the program. Some subjects are boarded in lectures pronounced for guests, professors and investigators that develop work in the areas of the Quality, of the Environment and/or Security. Possible study of videos and whenever possible visits to the units specialized in the subject.  
The periodic evaluation will consist of programmed tests and questions without advance warning throughout the semester.

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*Sendo uma disciplina obrigatória possui uma forte componente teórica de conceitos essenciais à compreensão de matérias completamente novas além de um modo de pensar adequado ao tipo de linguagem utilizada. Assim, a leccionação mista baseada num conjunto de lições teóricas e completadas por seminários efectuados por especialistas convidados, acompanhada por visitas a institutos/empresas que empregam as três áreas distintas é a mais adequada para que a disciplina tenha sucesso entre os estudantes. É assim demonstrada a necessidade de formação de especialistas nas áreas envolvidas e a sua ligação com a Química. A variedade dos assuntos e a sua complexidade sugere fortemente que a avaliação proposta e o desenvolvimento das competências dos estudantes na área da comunicação escrita e oral (termos técnicos especializados) sejam eficazmente implementados*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*Being one compulsory subject, it has a strong theoretical component of essential concepts for the understanding of completely new substances essential to the understanding of completely new substances beyond a way to think adequate to the type of used language. Thus, the mixing lecturing is based in a set of theoretical lectures and completed by seminars given by invited specialists, followed by visits when well justified to laboratories/companies who use the three distinct areas is adjusted so that it disciplines it has success between the students. Thus it is demonstrated to the necessity of formation of specialists in the involved areas and its linking with Chemistry. The variety of the subjects and its complexity suggest strong that the evaluation proposal and the development of the abilities of the students in the area of the written communication and verbal (specialized terms technician) efficiently are implemented.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Trading with and within Europe - The benefits of standards and European standardization in a global context, Paul Temple and Geoffrey Williams, CEN (2002)  
 Metrology in Short, Euromet, 2004  
 Measurement and Calibration Requirements, Alan S. Morris, G. R. Turner, J. M. Askey, Eds., John Wiley & Sons (1997)  
 Total Quality in the Chemical Industry, The Royal Society of Chemistry, London, (1992)  
 Kishor Bhagwati, Managing Safety, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Alemanha, (2006) ISBN-10: 3-527-31583-7  
 Alberto Sérgio S. R. Miguel, Manual de Higiene e Segurança do Trabalho, Porto Editora, 11ª edição, Porto, (2010) ISBN972-0-45100-9  
 Ricardo Macedo, Manual de Higiene do Trabalho na Indústria, Fundação Calouste Gulbenkian, 3ª edição, Lisboa (2006) ISBN 972-31-0222-6  
 Cristiano da Costa Santos e Heliodoro da Silva Neves, Matérias Perigosas, Escola Nacional de Bombeiros, Sintra, (2005) ISBN 972-8792-20-4  
 <http://www.chemsafety.gov>; <http://www.msds.com>; <http://www.echa.eu>*

## Anexo IV - Empreendedorismo

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Empreendedorismo*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

*Helena Margarida Moreira de Oliveira Vieira*

### 3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

*<sem resposta>*

### 3.3.4. Objectivos da unidade curricular e competências a desenvolver:

*Na área da Engenharia Física, o valor derivado do conhecimento assume uma importância decisiva, pois estamos já em plena alteração dos paradigmas de emprego. O possuidor do conhecimento será, porventura, o primeiro interessado em rentabilizar o conhecimento de que dispõe e, durante uma dada janela de tempo, poderá mesmo ser o único detentor de tal conhecimento.*

*A decisão de o colocar no mercado ou, pelo contrário, de constituir a sua empresa e explorar o que detém, é uma opção difícil, muitas vezes por não se conhece quase nada do funcionamento do mundo da economia e da realidade empresarial.*

*Neste sentido, esta disciplina procurará identificar os conceitos mais relevantes para que qualquer decisão, seja ela, qual for, seja bem informada.*

### 3.3.4. Objectives of the curricular unit and competences:

*In Physical Engineering, knowledge-based economic value is a critical issue in an era where Job paradigms did change already. The owner of knowledge is, for sure, the most motivated person to capitalize on his own knowledge and may eventually be, for a limited period of time, the only person aware of the science and technology supporting those pieces of knowledge.*

*It is not easy to decide between promoting such knowledge on the open market (and look for a job) or to create his own job by directly exploring his actual and competitive advantage. Very often this decision is tough only because the individual knows nothing about the functioning of the economy and how companies are setup and work.*

*In this context, this unit will deliver the main concepts and approaches to ensure that such decisions are well informed and correspond to the actual interests of the individual possessing the knowledge.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Do primeiro emprego à senioridade: introdução de conceitos e técnicas-base para a valorização económica do conhecimento técnico-científico pessoal, em ambientes industrial e universitário.*

*Necessidades de competências de gestão e técnico-científicas, em função das fases/opções profissionais.*

*A investigação 'use-oriented'. Propriedade intelectual e submissão de patentes.*

### 3.3.5. Syllabus:

*From first job to seniority: introduction to concepts and techniques to give economic value to scientific and technological personal knowledge, in scientific and industrial environments.*

*How to handle and develop management capabilities in science and technology, as a function of personal choices and phases of professional life.*

*Applications-oriented research. Intellectual property and patents.*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

*Os conteúdos previstos, apoiados nalguns (poucos) conceitos base, na descrição dos instrumentos sociais, económicos e financeiros à disposição dos empreendedores, procurarão dar informação relevante para descrever e explicar o real.*

*A análise de casos, incluindo certamente casos passados em Portugal, alguns bem sucedidos, outros não, estimulará certamente o aluno a imaginar-se em contextos adequados ao seu conhecimento específico e às oportunidades que dele podem derivar.*

### 3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

*The planned contents, supported by the explanation of basic concepts, will provide an explanation and description of social, economic and financial tools made available for entrepreneurs.*

*The analysis of real cases, including cases experiences in Portugal, either successful or not, will certainly stimulate the student to place his own specific knowledge in an appropriate context, enabling the analysis of potential opportunities.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Sessões expositivas para conceitos de base, e funcionamentos dos sistemas e contextos jurídico-legais.*

*Sessões de grupo e visitas a empresas com forte intensidade de conhecimento, para análise de casos reais.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Lectures, to explain basic concepts, how systems work and nature of the legal constraints and possibilities.*

*Group discussions and site visits to knowledge-based companies, to analyze real cases.*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos da unidade curricular.

*No contexto do início de um 3º ciclo em Engenharia Física, com estudantes fortemente empenhados em temáticas científicas e tecnológicas, apenas se pode pretender um ligeiro entreabrir de uma porta e vislumbrar uma forma completamente diferente (da universitária) de olhar para o conhecimento e de o rentabilizar.*

*Para isso é necessário enriquecer um pouco a linguagem típica dos cientistas e, sobretudo, através de casos-piloto, criar condições para que o aluno imagine ser ele a personagem-central que explora o conhecimento que detém*

*Trata-se de uma área em que a oferta de formação especializada, prática, de seminários, etc., abunda (gestão de empresas, empreendedorismo, risco, ...). Nestes termos, um estudante que queira ser o agente do seu próprio trabalho não deixará de vir a ter acesso a outras formas de formação e informação complementar.*

### 3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's objectives.

*At the very beginning of a PhD program in Physical Engineering, with students strongly committed to science and technology subjects, we can only open a little bit the "door" to have an overview of a completely new way of looking and capitalize on knowledge (companies and the university are completely different...).*

*We must therefore improve the language of the scientist and, with the support of real test cases, create conditions for the student to place himself as the central character that profits from his own knowledge.*

*In this area (companies, entrepreneurship, risk, ...), there is plenty of offer for additional training in very specific or very general areas. Those students who finally decide to be their own master and conduct their own life, will therefore find plenty of additional information to actually build and manage their own company – if such is the case...*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Thomas H. Byers, Richard C. Dorf and Andrew J. Nelson (2006) Technology Ventures: From Idea to Enterprise, McGraw-Hill Higher Education textbook.*

*Portela J, "Microempreendedorismo em Portugal – Experiências e Perspectivas", INSCOOP, 2008*

## 4. Descrição e fundamentação dos recursos docentes

## 4.1 Descrição e fundamentação dos recursos docentes

---

### 4.1.1. Fichas curriculares

#### Anexo V - Amélia Arminda Teixeira Maio

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*Amélia Arminda Teixeira Maio*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Centro de Física Nuclear*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Associado ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

#### Anexo V - António Joaquim Rosa Amorim Barbosa

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*António Joaquim Rosa Amorim Barbosa*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Faculdade de Ciências / Departamento Física / SIM*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Associado ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

#### Anexo V - Guiomar Gaspar de Andrade Evans

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*Guiomar Gaspar de Andrade Evans*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Centro de Física da Matéria Condensada*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

#### Anexo V - José António Soares Augusto

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*José António Soares Augusto*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Associado ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Luís Filipe Garcia Peralta

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*Luís Filipe Garcia Peralta*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Faculdade de Ciências / Dep. de Física / Lab. de Instrumentação e Física Experimental de Partículas*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Maria Luísa Dias de Carvalho de Sousa Leonardo

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*Maria Luísa Dias de Carvalho de Sousa Leonardo*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Centro de Física Atómica da Universidade de Lisboa*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Associado ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Olinda Maria Quelhas Fernandes Conde

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*Olinda Maria Quelhas Fernandes Conde*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Associado ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

100

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - Maria Margarida Colen Martins da Cruz**

**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Maria Margarida Colen Martins da Cruz*

**4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

*Universidade de Lisboa*

**4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):**

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Centro de Física da Matéria Condensada*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

100

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - Maria Margarida da Fonseca Beja Godinho**

**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Maria Margarida da Fonseca Beja Godinho*

**4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

*Universidade de Lisboa*

**4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):**

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Centro de Física da Matéria Condensada*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Catedrático ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

100

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - Pedro Manuel Ferreira Amorim**

**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Pedro Manuel Ferreira Amorim*

**4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

*Universidade de Lisboa*

**4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):**

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Centro de Física Atômica da Universidade de Lisboa*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:  
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Alexandre Pereira Cabral

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):  
*Alexandre Pereira Cabral*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):  
*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):  
*Fac. de Ciências / Dep. de Física / Centro Astronomia e Astrofísica / Lab. Óptica, Lasers e Sistemas*

4.1.1.4. Categoria:  
*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):  
*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:  
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - André Maria da Silva Dias Moitinho de Almeida

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):  
*André Maria da Silva Dias Moitinho de Almeida*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):  
*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):  
*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / SIM*

4.1.1.4. Categoria:  
*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):  
*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:  
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Andrii Vovk

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):  
*Andrii Vovk*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):  
*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):  
*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Centro de Física da Matéria Condensada*

4.1.1.4. Categoria:  
*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):  
*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:  
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Armandina Maria Lima Lopes

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*Armandina Maria Lima Lopes*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Centro de Física Nuclear*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Daniel Galaviz Redondo

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*Daniel Galaviz Redondo*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Centro de Física Nuclear*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - João Miguel Pinto Coelho

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*João Miguel Pinto Coelho*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Fac. Ciências / Dep. Física / Instituto Biofísica e Eng. Biomédica / Lab. Óptica, Lasers e Sistemas*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Jorge Miguel de Brito Almeida Sampaio

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*Jorge Miguel de Brito Almeida Sampaio*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

100

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - Manuel Adler Sanchez de Abreu**

**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Manuel Adler Sanchez de Abreu*

**4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

*Universidade de Lisboa*

**4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):**

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Lab. de Óptica, Lasers e Sistemas*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar convidado ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

100

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - Maria da Conceição Machado Sangreman Proença**

**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Maria da Conceição Machado Sangreman Proença*

**4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

*Universidade de Lisboa*

**4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):**

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Laboratório de Óptica, Lasers e Sistemas*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

100

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - Maria José Ribeiro Gomes**

**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Maria José Ribeiro Gomes*

**4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

*Universidade de Lisboa*

**4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):**

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Centro de Física Nuclear*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:  
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Margarida Maria Moreira Calejo Pires

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):  
*Margarida Maria Moreira Calejo Pires*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):  
*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):  
*Fac. Ciências / Dep. Física / Centro Física da Matéria Condensada / Lab. Óptica, Lasers e Sistemas*

4.1.1.4. Categoria:  
*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):  
*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:  
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Rui Pedro Nogueiro Gomes Morais Borges

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):  
*Rui Pedro Nogueiro Gomes Morais Borges*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):  
*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):  
*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Centro de Física da Matéria Condensada*

4.1.1.4. Categoria:  
*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):  
*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:  
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Agostinho da Silva Gomes

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):  
*Agostinho da Silva Gomes*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):  
*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):  
*Faculdade de Ciências / Dep. de Física / Lab. de Instrumentação e Física Experimental de Partículas*

4.1.1.4. Categoria:  
*Professor Auxiliar convidado ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):  
*<sem resposta>*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:  
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - José Joaquim Gonçalves Marques

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*José Joaquim Gonçalves Marques*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Faculdade de Ciências / Dep de Física / Instituto Tecnológico e Nuclear/Centro de Física Nuclear*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Auxiliar convidado ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

*<sem resposta>*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - José Manuel Nunes Vicente Rebordão**

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*José Manuel Nunes Vicente Rebordão*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Fac. Ciências / Dep. Física / Centro de Astronomia e Astrofísica / Lab. Óptica, Lasers e Sistemas*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Catedrático ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - José Manuel Pires Marques**

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*José Manuel Pires Marques*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física/Centro de Física Atómica da Universidade de Lisboa*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - Maria José Vitoriano Lourenço**

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*Maria José Vitoriano Lourenço*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

*100*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - Thomas Peter Gasche**

**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Thomas Peter Gasche*

**4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

*Academia Militar*

**4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):**

*Centro de Física da Matéria Condensada*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Associado ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

*<sem resposta>*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - Katharina Lorenz**

**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Katharina Lorenz*

**4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

*<sem resposta>*

**4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):**

*Instituto Tecnológico Nuclear / Centro de Física Nuclear*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

*<sem resposta>*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - José António Alvelos Dias Gomes**

**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*José António Alvelos Dias Gomes*

**4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

*Universidade de Lisboa*

**4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):**

*Faculdade de Ciências / Dep. de Física / Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar convidado ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:  
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - João Carlos Bentes Waerenborgh

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):  
*João Carlos Bentes Waerenborgh*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):  
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):  
*Instituto Tecnológico e Nuclear / Centro de Física da Matéria Condensada*

4.1.1.4. Categoria:  
*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):  
<sem resposta>

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:  
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - José Manuel Florêncio Nogueira

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):  
*José Manuel Florêncio Nogueira*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):  
*Universidade de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):  
*Faculdade de Ciências / Departamento de Química e Bioquímica*

4.1.1.4. Categoria:  
*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):  
40

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:  
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - António Cândido Lampreia Pereira Gonçalves

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):  
*António Cândido Lampreia Pereira Gonçalves*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):  
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):  
*Instituto Tecnológico e Nuclear / Centro de Física da Matéria Condensada*

4.1.1.4. Categoria:  
*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):  
<sem resposta>

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:  
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Elsa Maria Simões Branco Lopes

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*Elsa Maria Simões Branco Lopes*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Instituto Tecnológico e Nuclear / Centro de Física da Matéria Condensada*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

<sem resposta>

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Laura Cristina de Jesus Pereira Waerenborgh

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*Laura Cristina de Jesus Pereira Waerenborgh*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Instituto Tecnológico e Nuclear / Centro de Física da Matéria Condensada*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

<sem resposta>

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Luís Manuel dos Santos Redondo

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*Luís Manuel dos Santos Redondo*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Instituto Politécnico de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

*Instituto Superior de Engenharia de Lisboa / Centro de Física Nuclear*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Auxiliar ou equivalente*

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

<sem resposta>

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - António Manuel Carreiras Casaca

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

*António Manuel Carreiras Casaca*

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

*Instituto Politécnico de Lisboa*

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

*<sem resposta>*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - Fabio Henrique de Moraes Cavalcante**

**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Fabio Henrique de Moraes Cavalcante*

**4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

*Universidade de Lisboa*

**4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):**

*Faculdade de Ciências / Departamento de Física / Centro de Física Nuclear*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

*100*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - Luís Manuel Cerqueira Lopes Alves**

**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Luís Manuel Cerqueira Lopes Alves*

**4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

*<sem resposta>*

**4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):**

*Instituto Tecnológico e Nuclear / Centro de Física Nuclear*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

*<sem resposta>*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Anexo V - Helena Margarida Moreira de Oliveira Vieira**

**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Helena Margarida Moreira de Oliveira Vieira*

**4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

*Universidade de Lisboa*

**4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):**

*Universidade de Lisboa*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):**

#### 4.1.1.6. Ficha curricular de docente: Mostrar dados da Ficha Curricular

#### 4.1.2 Equipa docente do ciclo de estudos

##### 4.1.2. Equipa docente do ciclo de estudos / Study cycle's academic staff

Nome / Name	Grau / Degree	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment link	Informação/ Information
Amélia Arminda Teixeira Maio	Doutor	Ciências Exactas	100	Ficha submetida
António Joaquim Rosa Amorim Barbosa	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Guiomar Gaspar de Andrade Evans	Doutor	Física - Especialização em Electrónica e Instrumentação	100	Ficha submetida
José António Soares Augusto	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Luís Filipe Garcia Peralta	Doutor	Física de Partículas	100	Ficha submetida
Maria Luísa Dias de Carvalho de Sousa Leonardo	Doutor	Física Atómica e Molecular	100	Ficha submetida
Olinda Maria Quelhas Fernandes Conde	Doutor	Física da Matéria Condensada	100	Ficha submetida
Maria Margarida Colen Martins da Cruz	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Maria Margarida da Fonseca Beja Godinho	Doutor	Física da Matéria Condensada	100	Ficha submetida
Pedro Manuel Ferreira Amorim	Doutor	Física (Física Atómica e Molecular)	100	Ficha submetida
Alexandre Pereira Cabral	Doutor	Física	100	Ficha submetida
André Maria da Silva Dias Moitinho de Almeida	Doutor	Física/Astrofísica	100	Ficha submetida
Andrii Vovk	Doutor	Magnetism	100	Ficha submetida
Armandina Maria Lima Lopes	Doutor	Physics	100	Ficha submetida
Daniel Galaviz Redondo	Doutor	Física	100	Ficha submetida
João Miguel Pinto Coelho	Doutor	Engenharia Física	100	Ficha submetida
Jorge Miguel de Brito Almeida Sampaio	Doutor	Física Nuclear	100	Ficha submetida
Manuel Adler Sanchez de Abreu	Doutor	Engenharia Física	100	Ficha submetida
Maria da Conceição Machado Sangreman Proença	Doutor	Física Tecnológica	100	Ficha submetida
Maria José Ribeiro Gomes	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Margarida Maria Moreira Calejo Pires	Doutor	Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Rui Pedro Nogueiro Gomes Morais Borges	Doutor	Física do estado sólido	100	Ficha submetida
Agostinho da Silva Gomes	Doutor	Física		Ficha submetida
José Joaquim Gonçalves Marques	Doutor	Física		Ficha submetida
José Manuel Nunes Vicente Rebordão	Doutor	Física	100	Ficha submetida
José Manuel Pires Marques	Doutor	Física Atómica e Molecular	100	Ficha submetida
Maria José Vitoriano Lourenço	Doutor	Química (Química Tecnológica)	100	Ficha submetida
Thomas Peter Gasche	Doutor	Física		Ficha submetida
Katharina Lorenz	Doutor	Física		Ficha submetida
José António Avelos Dias Gomes	Licenciado	Engenharia Electrotécnica	30	Ficha submetida
João Carlos Bentes Waerenborgh	Doutor	Química		Ficha submetida
José Manuel Florêncio Nogueira	Doutor	Química Orgânica	40	Ficha submetida
António Cândido Lampreia Pereira Gonçalves	Doutor	Química		Ficha submetida
Elsa Maria Simões Branco Lopes	Doutor	Física da Matéria Condensada		Ficha submetida
Laura Cristina de Jesus Pereira Waerenborgh	Doutor	Química Inorgânica		Ficha submetida
Luís Manuel dos Santos Redondo	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores		Ficha submetida
António Manuel Carreiras Casaca	Doutor	Física da Matéria Condensada		Ficha submetida
Fabio Henrique de Moraes Cavalcante	Doutor	Ciências na área de tecnologia nuclear	100	Ficha submetida
Luís Manuel Cerqueira Lopes Alves	Doutor	Física, especialidade de Física Nuclear		Ficha submetida
Helena Margarida Moreira de Oliveira Vieira	Doutor	Biomedicina	30	Ficha submetida

<sem resposta>

#### 4.2. Dados percentuais da equipa docente do ciclo de estudos

#### 4.2.1. Percentagem dos docentes em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos

85

#### 4.2.2. Percentagem dos docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano

<sem resposta>

#### 4.2.3. Percentagem dos docentes do ciclo de estudos não doutorados com grau de mestre (pré-Bolonha)

<sem resposta>

### 4.3. Procedimento de avaliação do desempenho

#### 4.3. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas para a sua permanente actualização.

*Como ainda não foram aprovados na FCUL, os procedimentos e critérios de avaliação específica previstos nos artigos 19º, nº 3, e 25º, nº 1, do ECDU, transcreve-se o Despacho, Reitoria da UL –DR, 24/11/ 2009:*

*Despacho n.º 25786/2009 (Avaliação findo período experimental)*

*O Estatuto Carreira Docente Universitária (ECDU), com a redacção dada p/ Decreto-Lei nº 205/09, de 31 de Agosto, carece de regulamentação em diversas matérias de nuclear importância para o correcto funcionamento das Universidades.*

*Assim,*

*Considerando o disposto nos art. 19º, nº 3, e 25º, nº 1 (ECDU) e a necessidade de clarificar o regime de avaliação específica da actividade desenvolvida pelos professores durante o período experimental e a transição para o regime de contratação por tempo indeterminado em regime de tenure;*

*Nos termos do art. 83º-A do ECDU e do art. 31º, nº 1, f) e g), dos Estatutos da Universidade de Lisboa, aprovo as seguintes regras:*

*1.º As avaliações específicas dos docentes contratados por um período experimental e que requerem a contratação por tempo indeterminada em regime de tenure são realizadas pelo conselho científico, nos termos Estatutários;*

*2.º Enquanto não forem aprovados os critérios de avaliação específica previstos nos art. 19º, nº 3, e 25º, nº 1, são aplicáveis as regras previstas no ECDU, na redacção anterior ao Decreto-Lei n.º 205/09, de 31 de Agosto, para a nomeação definitiva dos professores catedráticos e associados (art. 20º) e para a nomeação definitiva dos professores auxiliares (art. 25º);*

*3.º Os Pareceres a elaborar e as deliberações dos Conselhos Científicos podem ainda fazer menção ao desempenho das funções previstas nos artigos 6.º e 63º do ECDU, na redacção agora conferida pelo Decreto-Lei n.º 205/09;*

*4.º Nas deliberações do conselho científico apenas podem votar os professores de categoria superior ao lugar a prover, ou da própria categoria, tratando-se de professor catedrático;*

*5.º As deliberações são tomadas em votação nominal justificada, não sendo permitidas abstenções;*

*6.º Estando em causa a contratação por tempo indeterminado de professores auxiliares aplicam-se ainda as seguintes regras:*

*a) A maioria de 2/3 prevista no art. 25º, nº 1, do ECDU tem como universo de referência o conjunto dos membros do órgão presentes que satisfaçam as condições referidas no ponto 4º.*

*b) As eventuais faltas às reuniões do conselho científico cuja ordem de trabalhos preveja a tomada de deliberações referidas no artigo 25º do ECDU devem ser obrigatoriamente justificadas por escrito e levadas ao conhecimento do órgão na reunião em causa;*

*c) Não se formando maioria de 2/3 no sentido da contratação por tempo indeterminado, o docente é notificado nos termos e para os efeitos previstos no ar. 25º, nº 2, e nº 1, b);*

*d) No caso previsto na alínea anterior, o docente é contratado por um período de seis meses, improrrogável.*

*7.º Nos termos do art.º19º e do n.º 1, do artigo 25º do ECDU cabe ao Reitor a decisão final da contratação.*

#### 4.3. Academic staff performance evaluation procedures and measures for its permanent updating.

*In this regard, and since it had not been approved in the Faculty of the University of Lisbon, the evaluation criteria specified in Articles 19., Paragraph 3, and 25., Paragraph 1, of ECDU, the Order No. 25786/2009 of the Rector of the University of Lisbon, published in DR to 24 November 2009 will be transcribed:*

*Order No. 25786/2009 (Evaluation after the trial period)*

*The Statute of University Teachers Career (ECDU) as amended by Decree-Law No. 205/09 of 31 August, need regulation in various material of nuclear importance for the proper functioning of the universities.*

*Thus,*

*Considering the provisions of Article 19., Paragraph 3, and 25., Paragraph 1, of ECDU and the need to clarify the system of evaluation of the activity developed by teachers during the probationary period and the transition to under contract for an indefinite period under the tenure;*

*Under what is written in Article 83. B of ECDU and Article 31., Paragraph 1, f) g) of the Statute of the University of Lisbon, I approve the following rules:*

*1. Specific assessments of teachers, hired for a trial period, that require hiring an indefinite tenure are carried out by the Scientific Council, in accordance with Statutory;*

*2. While not approved the specific evaluation criteria set out in Articles 19., paragraph 3, and 25., paragraph 1, the rules provided for in ECDU must be applied, as prior to the Decree-Law No. 205/09 of 31 August, for the final appointment of professors and associates (Article 20. ) and for the permanent appointment of the assistant professors (Article 25.)*

*3. The opinions of the draw and the deliberations of the Scientific Councils may also make reference to the way the duties mentioned in Articles 6. and 63.of ECDU (Decree-Law No. 205/09), were performed;*

*4. In the deliberations of the Scientific Council can only vote for, senior teachers relative to the vacant position, or the category itself, in the case of a full professor;*

*5. The decisions are made in roll justified, with no abstentions;*

*6. As for the use of the indefinite hiring of assistant professors, the following rules are still to be applied:*

*a) The term “majority of 2/3” under Article 25., paragraph 1, of ECDU, is referred to the universe of members in the conditions set out in Section 4., present in the meeting of the scientific organ.*

*b) any absences from a meeting of the Scientific Council whose agenda includes an item on the decisions referred to in Article 25. of ECDU, must be justified in writing and brought to the knowledge of the meeting in question,*

*c) not forming a majority of 2 / 3, towards hiring for an indefinite period, the teacher is notified in accordance with the terms of Article 25., paragraph 2, and paragraph 1, b);*

*d) In the case of the preceding paragraph, the teacher is hired for a period of six months, not extendable.*

*7. In accordance with art. 19. and paragraph 1 of Article 25. ECDU, the final hiring decision rests with the Rector.*

## 5. Descrição e fundamentação de outros recursos humanos e materiais

### 5.1. Pessoal não docente adstrito ao ciclo de estudos.

*O Departamento de Física (DF) dispõe de funcionários para apoio às diferentes actividades lectivas, administrativas e de investigação.*

*Destes funcionários, três dão apoio administrativo, especificamente apoio de secretariado à Direcção e aos docentes do DF (1 funcionária), às actividades lectivas pré-graduadas (1 funcionária) e às actividades lectivas pós-graduadas e de divulgação do DF (1 funcionária).*

*Para apoio específico às actividades laboratoriais de ensino, o DF dispõe ainda de três funcionários em regime permanente. Existem ainda 3 técnicos permanentes para projecto e montagem de protótipos nos domínios da mecânica, da electrónica e dos sistemas laser, bem como para realizar a interface com os serviços adquiridos fora.*

*Todas as unidades de I&D dispõem de apoio de secretariado que assegura a logística das unidades e que apoiará as necessidades dos estudantes de 3º ciclo na fase em que estes estiverem completamente inseridos nas unidades.*

### 5.1. Non academic staff allocated to the study cycle.

*The non academic staff supports the general activities of the Physics Department (DF).*

*The Administrative support is split between the Secretary for the Direction and for general support of the DF teaching staff and researchers (1), the support of graduate students and teaching activities of the first three years (1) and the support of post-graduate teaching activities and technical accessory of the Direction Committee (1).*

*To support experimental activities, the DF makes use of three technical assistants with permanent positions. In addition, three other technicians (permanent) from the Laser and Optics Laboratory can perform the project and integration of prototypes in the fields of mechanics, electronics and laser systems and the interface when outsourcing manufacturing.*

*All R&D units have an administrative support in charge of the logistics. Therefore, all the needs of the PhD students when they become fully integrated into such units would be naturally satisfied.*

### 5.2. Instalações físicas afectas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços lectivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.).

*Este 3º ciclo utiliza salas de aula da FCUL bem como instalações específicas do DF (estudo, infra-estruturas de computação).*

*O DF dispõe de biblioteca (Bib) moderna para bibliografia especializada, utilizando ainda a Bib do Inst. Interdisciplinar da UL (Bib de referência nacional na área da Física). Existem ainda outras bib especializadas (fotónica, instrumentação e espaço) no LOLS, que também dispõe de um enorme acervo digital. A UL disponibiliza o acesso via B-ON a quase todas as revistas.*

*Serão usados os laboratórios (lab) de I&D das unidades associadas ao DF (ver 6.1), bem como os lab. das instituições externas cooperantes (secção 6.3) no contexto das teses ou leccionação de módulos específicos, sem esquecer o acesso tornado possível no contexto do protocolo CLEA, nem, pontualmente, laboratórios não nacionais cooperantes.*

*Várias unidades de I&D possuem nós de uma rede GRID (computação paralela), disponível para o trabalho de I&D dos alunos, se necessário.*

### 5.2. Facilities allocated and/or used by the study cycle (teaching spaces, libraries, laboratories, computer rooms, etc.).

*This program has access to all FCUL teaching rooms and to all DF specific spaces (study area, computing resources).*

*DF has a modern library with specialized books and has access to the lib of the Interdisciplinary Institute of the UL (a national reference library in Physics). There are some specialized libraries, for example on photonics, instrumentation and space, at LOLS (6.1), which has also a large electronic set of books important this PhD. The UL makes available the b-ON access.*

*All the laboratories of R&D units associated to the DF (6.1) will be made available, as well as the labs of the cooperating entities (see 6.3) for research work or to teach specific subjects. We should also include similar accesses made possible in the context of other agreements: CLEA agreement or those between R&D units and international laboratories.*

*Several FCUL R&D units have nodes of a GRID network for parallel computing, which can be used, if necessary, for the student's research work.*

### 5.3. Indicação dos principais equipamentos e materiais afectos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didácticos e científicos, materiais e TICs).

*Os labs das 7 unidades de I&D do DF (6.1) serão usados neste programa, em função do percurso individual de cada estudante, bem como os labs das entidades cooperantes (6.3, ITN, LNEC, IPQ, ISQ, ...). O DF tem labs para:*

*Magnetometria, filmes finos, susceptibilidade magnética e propriedades de transporte; microscopias (AFM, electrónica, óptica); Espectrómetros: Raman, (fluorescência de) raios-X; equipamento de vácuo, fugas; Difractómetros de Raios-X. Evaporadoras de alto vácuo*

*Sist. desenvolvimento de sist. electrónicos, amplificadores (lock-in, ...), analisadores, módulos NIM ...*

*Óptica e lasers: ~600 m2, com diversos tipos de lasers, detectores, ópticas, analisadores de feixe, interferómetros, sistemas coerentes e incoerentes, mecânicas, mesas anti-vibratórias e ambiente estável; visão computacional; scanners 3D, fibras ópticas.*

*Computação: cálculo sistemas ópticos, iluminação, análise termo-elástica, simulação física 3D (Comsol), modelação (Matlab), infraestrutura GRID-PT*

### **5.3. Indication of the main equipments and materials allocated and/or used by the study cycle (didactic and scientific equipments and materials and ICTs).**

*Labs of 7 units of I&D of the DF (6.1) will be used in this program, according to the needs of the students, as well as labs of the cooperating entities (6,3, ITN, LNEC, IPQ, ISQ,...). The DF has labs for (non-exhaustive, without cooperating labs)*

*Magnetometry, thin films, magnetic susceptibility and transport properties; microscopy (AFM, electronics, optics); Spectrometers: Raman, (fluorescence of) rays-x); equipment of vacuum, escapes; X-ray diffractometers. High vacuum evaporators*

*Systems to develop electronic systems, amplifiers (Lock-in,...), analyzers, NIM modules.*

*Optics and lasers: ~600 m2, with many types of lasers, detectors, optics, beam analyzers, interferometers, coherent and incoherent systems, mechanical systems, vibration-proof tables and steady environment; computational vision; scanners 3D, optical fibers...*

*Computation: design of optic systems, illumination, thermo-elastic analysis, physical simulation 3D (Comsol), modeling (Matlab), infrastructure GRID-PT, ...*

## **6. Actividades de formação e investigação**

### **6.1. Indicação do(s) Centro(s) de Investigação devidamente reconhecido(s), na área científica predominante do ciclo de estudos e respectiva classificação.**

*São 7 as unidades de I&D da FCUL, reconhecidas pelo sistema científico nacional, associadas ao DF e coordenadas por docentes do DF. Todas tiveram a classificação MUITO BOM no último processo de avaliação (2007/2008):*

- Centro de Astronomia e Astrofísica
- Centro de Fís. Atómica
- Centro de Fís. da Matéria Condensada
- Centro de Fís. Nuclear
- Centro de Fís. Teórica e Computacional (menor intervenção neste 3º ciclo)
- Instituto de Biofísica e Eng. Biomédica
- Lab de Sistemas, Instrumentação e Modelação em C&T para o Espaço e Ambiente

*Refira-se ainda o Lab de Óptica, Lasers e Sistemas da FCUL - ao qual pertence o coordenador deste ciclo) - uma Unidade de Transferência de Conhecimento e Tecnologia associada ao DF (nos termos do Estatutos da FCUL), com os recursos humanos e materiais do Dep. Óptica e Lasers do ex-INETI, integrados na FCUL em 2009. Este grupo de I&DT foi, durante o período 200-2009 o grupo de I&D nacional com mais projectos de tecnologia espacial na ESA*

### **6.1. Research Centre(s) duly recognised in the main scientific area of the new study cycle and its mark.**

*There are 7 R&D units of FCUL, recognized by the scientific portuguese system (FCT), associated to the Physics Dept., and coordinated by researchers of this department. All received the VERY GOOD classification in the last evaluation in 2007/2008):*

- Centro de Astronomia e Astrofísica
- Centro de Fís Atómica
- Centro de Fís da Matéria Condensada
- Centro de Fís Nuclear
- Centro de Fís Teórica e Computacional
- Instituto de Biofísica e Engenharia Biomédica
- Lab de Instrumentação e Modelação em Ciências e Tecnologias do Ambiente e do Espaço

*There is also the Lab of Optics, Lasers & Sistemas (the coordinator of this program belongs to this unit), formally a Unit of Transfer of Knowledge and Technology, associated to the DF, with the researchers and laboratorial infrastructures of Depart. of Optics and Lasers of the ex-INETI, integrated in FCUL in 2009. This research group was the national R&D group with the larger number of contracts in space technology with ESA (2000-2009).*

### **6.2. Indicação do número de publicações científicas da unidade orgânica, na área predominante do ciclo de estudos, em revistas internacionais com revisão por pares nos últimos três anos.**

600

### **6.3. Lista dos principais projectos e/ou parcerias nacionais e internacionais em que se integram as actividades científicas, tecnológicas, culturais e artísticas desenvolvidas na área de ciclo de estudos.**

*O DF utilizará as colaborações com instituições, através de Protocolos específicos para este ciclo ou já activos através dos seus grupos de I&D.*

*No grupo dos Lab de Estado e Institutos:*

- Inst. Soldadura e Qualidade (ISQ)
- Inst. Português da Qualidade (IPQ)
- Lab. Nac. Eng. Civil (LNEC),
- Inst. Tecnol. Nuclear (ITN) (com quem o DF mantém uma colaboração de longa data)

*Utilizar-se-ão ainda os canais conhecidos na ESA, ESO e CERN, que contratam um número elevado de projectos de tecnologia e*

de engenharia.

A nível europeu, refira-se a cooperação antiga com a Univ. J. Fourier (UJF) e o Inst. Nat Politechn. Grenoble (INPG), para além de outras já activas através dos grupos de I&D, para teses e estágios.

Existem empresas que têm trabalhado com o LOLS na área dos equipamentos e tecnologias fotónicas, em projectos da ESA (Deimos, Lusospace, Vision Box) ou financiados pelo QREN (Iber-Ollef, Estereofoto) - exemplos de que podem derivar doutoramentos em ambiente empresarial.

### 6.3. Indications of the main projects and/or national and international partnerships where the scientific, technological, cultural and artistic activities developed in the area of the study cycle are integrated.

The Physics Depart. (DF) has cooperation with other institutions, through agreements focusing on this program or already established by its R&D units.

State Labs and public institutes:

- Inst. Soldadura e Qualidade (ISQ)
- Inst. Português da Qualidade (IPQ)
- Lab. Nac. Eng. Civil (LNEC),
- Inst. Tecnol. Nuclear (ITN) (a very long term relationship)

DF will mobilize well known channels on ESA, ESO and CERN, which contract a large number of technology and engineering projects.

At european level, we list the long term cooperation with Univ. J. Fourier (UJF) and Inst. Nat Politechn. Grenoble (INPG), notwithstanding other institutes well known to DF R&D units, for co-orientation or short-term courses.

There are several companies which have been working with LOLS on photonic technologies and instrumentation, in ESA (Deimos, Lusospace, Vision Box) or funded by QREN (Iber-Ollef, Estereofoto) - examples in which some thesis on industrial technologies may be identified.

## 7. Actividade de desenvolvimento tecnológico, prestação de serviços à comunidade e formação avançada

### 7.1. Descreva estas actividades e se a sua oferta corresponde às necessidades do mercado, à missão e aos objectivos da instituição.

A FCUL exerce a sua missão através da realização de

- formação de para a renovação do tecido económico e modernização da sociedade em todas as áreas com forte necessidade de conhecimento fundamental
- investigação científica e tecnológica, de maior incidência a médio e longo prazo
- serviços de engenharia (Eng), adaptação e validação tecnológica, associada aos recursos articulados em torno da oferta nas "engenharias"
- serviços técnicos, através das infra-estruturas laboratoriais.

Os "serviços" não são apenas de natureza técnica ou de consultoria. Existem empresas e instituições que solicitam à FCUL serviços de I&D, de tecnologia e de Eng avançada, para em laboratório, desenvolver processos orientados para produtos.

Este ciclo incide nas actividades tecnológicas e de Eng referidas. Por natureza, o trabalho de doutoramento incide sobre o médio e o longo prazo, mas a cultura de Eng apreende-se com actividades de curto e médio prazo que são compatíveis com a duração desta formação.

### 7.1. Describe these activities and if they correspond to market needs and to the mission and objectives of the institution.

FCUL implements its missions through:

- training student to modernize the economy and the society in knowledge-based areas of scientific and technological nature;
- R&D on science and technology (medium and long term);
- Services of engineering (Eng), adaptation and validation of technologies, using resources available in general to support the Engineering offer and R&D;
- technical services benefiting from laboratorial infrastructures.

"Services" are not exclusively technical or consulting! There are companies (even in Portugal) which purchase services of R&D, of technology development, of advanced engineering, to implement at laboratorial scale industrial systems.

This PhD program is focused on the technological and engineering activities just referred. By its nature, the PhD work has a medium to long term scale, but the engineering culture is also learnt through short to mid term activities, fully compatible with the duration of this program.

## 8. Enquadramento na rede de formação nacional da área (ensino superior público)

### 8.1. Avaliação da empregabilidade dos graduados por este ciclo de estudos com base nos dados do MTSS.

A BD do MTSS é omissa. Com referência aos 4 níveis (secção 3.1.3) em que a FCUL formata as suas engenharias, diga-se que (e no contexto de realidades de base física):

O nível 2 (Tecnologias) está associada a conhecimento ubíquo, que pode favorecer a empregabilidade desde que o doutorado valorize as especificidades da formação avançada que recebeu. As áreas relativas a sensores, processamento de informação, modelação são ainda mais ubíquas que as demais.

O nível 3 (Sistema) engloba conhecimentos que a gestão técnica de uma organização não dispensa: metrologia, qualidade, interfaces, controlo, sistema (seja qual for o mercado-alvo).

Nível 4 (Mercado): há empresas em Portugal activas em quase todos os nichos das cadeias de valor. Mesmo assim, aplicações orientadas para instrumentação (em sentido lato), património e processos de engenharia, estarão mais ajustadas à realidade nacional que outras.

O estudante será ajudado para enfrentar o mercado de trabalho após doutoramento.

#### 8.1. Evaluation of the graduates' employability based on MTSS data.

MTSS data base is says nothing for PhD graduates. With reference to the 4 levels (see 3.1.3) FCUL organizes its offer in engineering (context of physical technologies) it can be said:

Level 2 (Technologies) refers to ubiquitous knowledge that can play a role to find / create a job if the student is able to pinpoint the specificities of his advanced training. The fields of sensors, info processing, modeling are even more ubiquitous than the others.

Level 3 (System) refers to knowledge that the technical management of any organization cannot live without: metrology, quality, interfaces, control, system (irrespective of the target market).

Level 4 (Market): Portuguese companies are active in niches of almost all chains of value. Of course, applications of instrumentation (latus sense), heritage and engineering processes are easier to correlate with the national reality than others.

The student will be supported to handle adequately the job market after completing his PhD.

#### 8.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES).

Não existem dados que permitam fazer a avaliação indicada. Este 3º ciclo, dando continuidade à formação de 2º ciclo em Engenharia Física (EF) tem capacidade para atrair estudantes não só da FCUL, como de outras Escolas da região de Lisboa que disponibilizam formação em EF ou em Física Aplicada (qualquer domínio).

Este programa foi ainda desenhado para atrair estudantes de outras regiões do país, em particular da região Sul (Univ. de Évora e Univ. do Algarve com quem a FCUL tem protocolos de colaboração, e que não dispõem de recursos humanos e materiais em muitas das áreas cobertas por este programa.

É admissível e desejável - embora careça de algum esforço de divulgação - o enquadramento de alunos estrangeiros, no quadro do programa ERASMUS ou de outras colaborações estabelecidas com instituições estrangeiras nesta área, que certamente irá a par de projectos de I&D que permitam, de um modo consistente, manter uma área de investigação, com o devido reconhecimento internacional.

#### 8.2. Evaluation of the capacity to attract students based on access data (DGES).

Data is not available to perform this assessment. This program, following a parallel one at masters level, has the potential to attract students from FCUL, from other schools within the Lisbon area, as well as from the south of Portugal - in fact, FCUL has signed agreements with the Universities of Évora and Algarve which do not have sufficient human or laboratorial resources in the fields covered by this program in Physical Engineering (PE).

It is also conceivable to receive foreign students, not only in the context of Erasmus but also within already established research agreements. This is, surely, a possibility which will go along parallel cooperation in research, and FCUL needs to be able to maintain, consistently, research activity within well defined fields of PE and disseminate results proactively.

#### 8.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que leccionam ciclos de estudos similares.

Para além de uma intenção formal de colaboração estabelecida pelos Reitores das três Universidades públicas da região de Lisboa (UL, UNL e UTL), a FCUL assinou recentemente um protocolo de colaboração alargada (protocolo CLEA) relativo à formação de 3º ciclo em Engenharia Física e em Física, envolvendo as instituições com formação equivalente na região de Lisboa (IST/UTL e FCT/UNL), e ainda a FCT/UC, e as Universidades de Évora e do Algarve.

Está ainda prevista a apresentação de uma proposta de 3º ciclo de Eng. Física em Associação, na região de Lisboa, já acordada em termos de estratégia, mas que só será materializada quando todos os processos de acreditação pendentes tenham obtido resposta por parte da Agência de Acreditação.

É ainda concebível que as relações de cooperação científica de facto no domínio da fotónica com a FC da Univ. do Porto se possam vir a traduzir em iniciativas conjuntas, na sequência de um intercâmbio que se iniciou em 2009 entre as duas escolas.

#### 8.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study cycles.

Beyond a general collaboration agreement signed by the Rectors of the three Universities of the Lisboa area (UL, UNL and UTL), FCUL signed recently the CLEA collaboration agreement concerning Doctoral Degrees in Physics and in Physics Engineering, involving different universities (UC, UL, UTL, UNL, Univ. of Évora and Algarve).

FCUL is also committed to submit together with one faculty of sciences of the Lisbon area a proposal for a PhD program in association. This approach has already been agreed upon in terms of strategy. Nevertheless, for administrative reasons, that proposal will be submitted only after A3ES has completed the evaluation of early 2010 proposals in the field.

It is also conceivable to build up an agreement with the FC of the Univ. of Porto for the photonics area, exclusively, following a very fruitful research collaboration that has been set up in 2009.

## 9. Fundamentação do número total de ECTS do novo ciclo de estudos

9.1. Justificação do número total de unidades de crédito e da duração do ciclo de estudos com base no determinado nos artigos 8.º ou 9.º (1.º ciclo), 18.º (2.º ciclo), 19.º (mestrado integrado) e 31.º (3.º ciclo) do Decreto-Lei n.º 74/2006.

*O doutoramento em Engenharia Física aqui proposto ao ser preparado em 8 semestres, correspondendo a 240 ECTS, está dentro dos constrangimentos e recomendações patentes no art. 31º do Dec. Lei nº 74/2006, de 24 de Março.*

*A estrutura proposta respeita a formação avançada necessária em média para a formação de um doutorado qualificado nesta área, e procura responder às exigências do mercado de trabalho nacional e europeu relativamente a profissionais com qualificação ao mais alto nível, garantindo a comparabilidade com cursos europeus na mesma área e a mobilidade dos respectivos estudantes.*

9.1. Justification of the total number of credit units and of the duration of the study cycle, based on articles no.8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of Decree-Law no. 74/2006.

*This Doctoral Degree in Physics Engineering with 8 semesters (300 ECTS) is compliant with portuguese legislation, following the recommendations published in Dec. Lei nº 74/2006, of 24 March.*

*The duration of the study cycle proposed follows the national and european average time used for the advanced formation and training highly qualified researchers in Physics Engineering and guarantees the comparability with similar studies in Portugal and in Europe, allowing the mobility of students and teachers.*

9.2. Metodologia utilizada no cálculo dos créditos ECTS das unidades curriculares.

*A distribuição do número de créditos (ECTS) pelas unidades curriculares é realizada, em todos os cursos da FCUL, de acordo com um enquadramento geral e sistemático, adaptado a posteriori a cada curso, e pressupondo um conjunto de instrumentos de controlo e aferição, já calibrados em diversos contextos da FCUL, e que serão progressivamente adaptados e refinados em função dos resultados dos processos de avaliação e garantia de qualidade.*

*O enquadramento geral aplicável a todos os cursos e que fundamenta a distribuição-base do número de créditos pelas várias unidades curriculares patente no plano apresentado é:*

*(a) Duração normalizada de todos os semestres - a organização dos cursos é semestral, correspondendo cada semestre a 30 unidades de crédito (ECTS) e um ano a 60 unidades de crédito.*

*(b) Por decisão da Universidade de Lisboa, uma (1) unidade de crédito corresponde a vinte e oito (28) horas de trabalho de um estudante, correspondendo assim um ano lectivo a 1680 horas de trabalho.*

9.2. Methodology used for the calculation of ECTS credits

*The distribution of the number of credits (ECTS) among the different curricular units is performed in all FCUL education offers, according to a general and systematic frame adjusted a posteriori to each cycle of studies, based on a set of control and gauging tools, already calibrated in different contexts, that are progressively adapted and fine tuned in accordance with the evaluation and quality and guarantee control procedures.*

*The general frame applicable to all FCUL cycles of study, that determines the distribution of the ECTS number by the various curricular units in this curricular plan is as follows:*

*(a) Normalized time-span of all semesters – the curricular units duration is based on a semester organization, corresponding each semester to 30 ECTS and one year to 60 ECTS.*

*(b) According to the decision of the University (UL) one credit unit corresponds to 28 h of students work, and consequently one complete academic year represents 680 hours of work.*

9.3. Indicação da forma como os docentes e estudantes (caso se aplique) foram consultados sobre o método de cálculo das unidades de crédito.

*Para contabilizar o esforço a atribuir a cada unidade curricular recolheu-se informação junto dos docentes e alunos, sob a forma de inquéritos escritos (em 2006/2007) e em discussões abertas realizadas durante os anos lectivos 2007/08 e 2008/09.*

*O processo de discussão e consulta foi orientado pelos Coordenadores dos ciclos de estudo e pela Comissão Executiva do Departamento de Física, tendo sido desenvolvido em diferentes reuniões de docentes, com a participação da Comissão Executiva, dos coordenadores de ciclo, de representantes ao Conselho Pedagógico, e de docentes ligados a diferentes áreas*

9.3. Indication of the way the academic staff and students (if applicable) were consulted about the method for calculating the credit units.

*In order to estimate the number of credits of each curricular unit, teachers and students were consulted by means of inquiries in 2006/07 and open discussions in 2007/08 and 2008/09.*

*The discussions were coordinated by the Executive Committee and by the coordinators of the study cycle, and included members of the Pedagogical Council and teachers of the different areas*

## 10. Comparação com ciclos de estudos de referência no espaço

# européu

## 10.1. Exemplos de ciclos de estudos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior com a duração e estrutura semelhantes à proposta.

*No espaço europeu ou em Lisboa, os 3º ciclos em Engenharia Física (EF) (ou afins) têm a mesma estrutura: 3–4 anos, 180–240 ECTS, unidades curriculares (UC) pré-definidas (transversais e de formação específica na área principal), Seminários, Estágios e/ou Cursos Intensivos, trabalho próprio de I&D conducente à dissertação.*

*Exemplos:*

- 1. Politécnico de Milão ([http://pcsiwa.rett.polimi.it/~phdweb/eng/corsi/descrizioni/fisica\\_eng.PDF](http://pcsiwa.rett.polimi.it/~phdweb/eng/corsi/descrizioni/fisica_eng.PDF))*
- 2. Univ. J. Fourier-Grenoble (<http://edcsv.ujf-grenoble.fr/>);*
- 3. École Polytech Fédérale Lausanne (<http://phd.epfl.ch/>);*
- 4. Univ. Manchester ([www.manchester.ac.uk](http://www.manchester.ac.uk))*

*Em Lisboa, há dois 3º ciclos em EF ( ou Eng.Física Tecnológica) na FCT/UNL e no IST/UTL.*

*No IST - o curso de estudos avançados (1º ano) integra 30 ECTS obrigatórios (4 UC avançadas e Seminário) e UC optativas - até 60 ECTS.*

*Na FCT/UNL - curso de estudos avançados com UC específicas, de formação geral e seminário; mínimo de 12 ECTS para UC específicas (como neste programa).*

## 10.1. Examples of study cycles offered in reference institutions of the European Area of Higher Education with similar duration and structure to the proposed study cycle.

*In Europe or in Lisbon, PhD programs in Physical Engineering (PE) (or alike) have the same structure: 3-4 years, 180-240 ECTS, predefined subjects (cross-cutting or specific for the main area of work), seminars, intensive courses, individual R&D work leading to the thesis dissertation.*

*Examples:*

- 1. Politécnico de Milão ([http://pcsiwa.rett.polimi.it/~phdweb/eng/corsi/descrizioni/fisica\\_eng.PDF](http://pcsiwa.rett.polimi.it/~phdweb/eng/corsi/descrizioni/fisica_eng.PDF))*
- 2. Univ. J. Fourier-Grenoble (<http://edcsv.ujf-grenoble.fr/>);*
- 3. École Polytech Fédérale Lausanne (<http://phd.epfl.ch/>);*
- 4. Univ. Manchester ([www.manchester.ac.uk](http://www.manchester.ac.uk))*

*In Lisbon we have PhD programs in PE in FCT/UNL and IST/UTL:*

*IST - 1st year of PhD program with 30 ECTS mandatory (4 advanced subjects and seminar) and optional units up to 60 ECTS.*

*FCT/UNL - specific and cross-cutting subjects, and seminar; minimum of 12 ECTS for specific subjects (similar to FCUL proposal)*

## 10.2. Comparação com objectivos e competências de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior.

*Em termos de objectivos e de competências a adquirir, os ciclos de estudo equivalentes nacionais e do espaço europeu são muito semelhantes visando essencialmente dotar os formandos de um conhecimento avançado que conduza a uma expansão do estado da arte em diferentes áreas científicas da física aplicada e da tecnologia, com especial incidência nas áreas desenvolvidas a nível local.*

*De um modo geral são disponibilizados conteúdos, abordagens e metodologias de formação que, para além da transmissão de conhecimentos, procuram conduzir ao desenvolvimento de competências gerais de análise crítica e avaliação de conceitos e ideias novas, e ainda de uma atitude científica e profissional qualificada.*

*Verifica-se em geral no Espaço Europeu de Ensino Superior a mesma filosofia de formação: disponibilização de formação complementar e de formação específica, definida pela Coordenação do programa doutoral em função da formação anteriormente adquirida.*

*Face à grande mobilidade aceite e incentivada pelo processo de Bolonha, esta formação adicional a adquirir durante o programa de doutoramento compreende, nalguns casos, uma formação que pode ir até ao nível de cursos introdutórios (caso do Ex. 1 indicado em 10.1), mas que inclui sempre uma formação mínima em temas nucleares para a área de trabalho, em temas transversais de interesse social e cultural, e em competências gerais de comunicação e exposição oral, através da realização de Seminários. No caso do Ex. 1 (ver 10-1) o conjunto da formação a adquirir corresponde a um mínimo de 40 ECTS, enquanto que no caso do Ex.2 este mínimo é de 16 ECTS.*

## 10.2. Comparison with the objectives and competencies of similar study cycles offered in reference institutions of the European Area of Higher Education.

*In terms of objectives and skills, the different programs are quite similar: students must acquire and demonstrate advance knowledge enabling them to contribute to the progress of knowledge in different areas of applied physics and technologies, with special emphasis in fields in which each university is specialized or recognized as strongly active or with well equipped laboratorial infrastructures.*

*In general, the Faculty and research units make available to students scientific contents and methodologies to enhance critical analysis, innovative ideas and their exploitation and highly professional scientific attitude.*

*In Europe we can identify the same general training philosophy: general and specific information, adapted to each student by the coordinator of the program as a function of the student previous curriculum and experience.*

*In view of the mobility made possible by Bologna rules, the introductory and additional education during the first year of the program may include introductory subjects (example 1 of 10.1) and, necessarily, a minimum training in areas of direct relevance for the work program (R&D area) of the student. It also includes subjects of social and cultural nature, communication and oral skills*

# 11. Estágios e Períodos de Formação em Serviço

## 11.1. Indicação dos locais de estágio e/ou formação em serviço

---

### Anexo VI - Protocolos de Cooperação

#### Anexo VI - Protocolo CLEA (Univ. Coimbra, Lisboa, Évora e Algarve)

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:  
*Protocolo CLEA (Univ. Coimbra, Lisboa, Évora e Algarve)*

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 100kB):  
[11.1.2.\\_CLEA\\_compressed \(pages1-4\).pdf](#)

#### Anexo VI - ITN - Instituto Tecnológico e Nuclear

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:  
*ITN - Instituto Tecnológico e Nuclear*

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 100kB):  
[11.1.2.\\_ITN\\_2005\\_compressed.pdf](#)

#### Anexo VI - LIP - Laboratório de Instrumentação e Partículas

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:  
*LIP - Laboratório de Instrumentação e Partículas*

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 100kB):  
[11.1.2.\\_LIP\\_2007.pdf](#)

#### Anexo VI - ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:  
*ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa*

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 100kB):  
[11.1.2.\\_ISEL\\_2008.pdf](#)

#### Anexo VI - Protocolo IDPASC - International Doctorate Network in Particle Physics, Astrophysics and Cosmology

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:  
*Protocolo IDPASC - International Doctorate Network in Particle Physics, Astrophysics and Cosmology*

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 100kB):  
[11.1.2.\\_IDPASK\\_compressed.pdf](#)

#### Anexo VI - LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:  
*LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia*

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 100kB):  
[11.1.2.\\_LNEG\\_2010.pdf](#)

### Anexo VII. Mapas de distribuição de estudantes

11.2. Anexo VII. Mapas de distribuição de estudantes. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio.(PDF, máx. 100kB)  
Documento com o planeamento da distribuição dos estudantes pelos locais de formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.  
[11.2.\\_Anexo VII e IX.pdf](#)

## 11.3. Recursos próprios da instituição para acompanhamento efectivo dos seus

## estudantes no período de estágio e/ou formação em serviço.

### 11.3. Indicação dos recursos próprios da instituição para o acompanhamento efectivo dos seus estudantes nos estágios e períodos de formação em serviço.

*De acordo com a legislação relativa à Pós-Graduação, em vigor na UL, a realização de trabalho autónomo sob orientação de investigadores não pertencentes à Instituição, implica a nomeação de um co-orientador interno, para acompanhamento do trabalho desenvolvido.*

*O DF dispõe de um corpo docente e de um corpo de investigadores todos doutorados, com uma larga experiência de ensino universitário e/ou de investigação, tendo assim uma efectiva capacidade de acompanhamento dos seus estudantes nos períodos de formação em serviço, nomeadamente estágios de formação e projectos de doutoramento.*

*Dada a natureza do trabalho de I&D de um estudante de 3º ciclo, muitos alunos poderão ser temporariamente acolhidos por outros laboratórios (de Estado, nacionais ou não, associados a outras unidades de I&D) quase certamente já pertencentes à rede de cooperação já estabelecida pela FCUL. O acompanhamento pela FCUL será assim natural e simples, pela confiança que já se tem em tais entidades.*

### 11.3. Indication of the institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods.

*In accordance with UL legislation, the supervision of stages and training periods by researchers of other institutions, implies the appointment of an in-house supervisor to follow the performed work.*

*The DF has available a staff with a large teaching / research experience and consequently an effective capacity to follow the students during their in-service training periods.*

*Given the R&D nature of the work of a PhD student, they are expected to make short periods within other R&D laboratories (state labs., national or international, from other R&D units) with which FCUL has certainly already established R&D cooperation. Following such students will be natural and simple, because based on trust relationships between peers.*

## 11.4. Orientadores cooperantes

### Anexo VIII. Normas para a avaliação e selecção dos elementos das instituições de estágio responsáveis por acompanhar os estudantes

#### 11.4.1 Anexo VIII. Normas para a avaliação e selecção dos elementos das instituições de estágio responsáveis por acompanhar os estudantes (PDF, máx. 100kB)

Documento com os mecanismos de avaliação e selecção dos monitores de estágio e formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino e as instituições de formação em serviço.

[11.4.1\\_Normas para avaliação e selecção dos Superv Externos.pdf](#)

### Anexo IX. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço

#### 11.4.2. Anexo IX. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (para ciclo de estudos de formação de professores) / External supervisors responsible for following the students activities (only for teacher training study cycles)

Nome / Name	Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution	Categoria Profissional / Professional Title	Habilitação Profissional / Professional qualifications	Nº de anos de serviço / Nº of working years
-------------	---	---	--	---

<sem resposta>

## 12. Análise SWOT do novo ciclo de estudos

### 12.1. Apresentação dos pontos fortes.

- *Integração na FCUL (2009) de um grupo ex-INETI, com recursos disponíveis humanos e laboratoriais, em tecnologias e engenharia ópticas, fotónica, opto-mecânica, metrologia e instrumentação, e experiência na abordagem de problemas sob especificações externas e em contextos industriais.*
- *Existência na FCUL de conhecimento consolidado na maior parte das áreas fundamentais que servem de base à Eng. Física, organizada em unidades de I&D forte e activas, com reconhecimento internacional na área de Física e nos domínios espacial, astrofísica, indústria, segurança e defesa, constituindo reserva de grande valor em termos de orientação e apoio.*
- *Colaborações consolidadas com grupos de I&D estrangeiros e participação significativa de investigadores e unidades da FCUL em infra-estruturas de investigação e agências europeias (ESA, ESO, CERN, Defesa).*
- *Colaborações institucionais relevantes em metrologia e qualidade (ISQ, IPQ, LNEC) e no domínio das ciências e técnicas nucleares (ITN).*

### 12.1. Strengths.

- *Integration at FCUL of a group from the ex-INETI, with human and laboratorial resources in optical technologies and engineering, photonics, opto-mechanics, metrology, instrumentation and experience to handle industrial problems under external specifications .*

- Availability within FCUL R&D units (active and with international recognition) of basic knowledge in almost all the fundamental areas of physics which support Physical Engineering, as well as in-depth understanding of the organization and challenges concerning space, astrophysics, industry, security and defense.

- Consolidated cooperation with international R&D groups and relevant involvement of researchers and R&D units in European research organizations and agencies, such as ESA, ESO, CERN or EDA.

- Relevant R&D and teaching institutional collaboration in the areas of metrology and quality (IPQ, ISQ, LNEC) and nuclear science and technologies (ITN).

## 12.2. Apresentação dos pontos fracos.

- A FCUL tem lacunas na formação em diversas tecnologias que pode colmatar através de parcerias a estabelecer com instituições de I&D e com programas doutorais afins. Espera-se que, em ambos os casos, os passos já dados sejam suficientes.

- A formação ligada ao empreendedorismo, à gestão de empresas e à realidade económica carece de reforço, havendo necessidade de desenvolver internamente, e nos estudantes, a postura pragmática típica do profissional de engenharia.

- A coordenação interna terá de orientar o seu esforço no sentido de aproveitar plenamente os recursos internos e externos existentes, de modo a dinamizar a criação de oportunidades para os doutorandos e a promover a sua inserção no mercado de trabalho, a nível nacional e internacional.

## 12.2. Weaknesses.

- FCUL is not active in several technologies, a limitation that can be overcome by strategic partnerships with R&D institutes with similar PhD programs.

- Training in entrepreneurship, company management and economic contexts needs strengthening. In addition, FCUL must still learn how to instill the pragmatic attitude of the engineer in its students.

- Internal coordination must be enhanced in order to fully capitalize on internal and external resources, thus fostering the identification of opportunities for PhD students and promoting their access to the labor market, both nationally or internationally.

## 12.3. Apresentação das oportunidades criadas pela implementação.

- Face à redução de verbas públicas para financiamento da I&D (bolsas, por exemplo), este programa pode beneficiar de uma figura ainda pouco usada pela FCUL de bolsas de doutoramento em ambiente empresarial, naturalmente orientadas para a resolução de problemas industriais e/ou montagens de processos de níveis tecnológicos mais elevados e com maior potencial de utilização económica.

- O mesmo factor pode despoletar ideias inovadoras que explorem aspectos fundamentais da física, porventura de maior risco e portanto mais afastadas dos financiamentos tradicionais.

- Contingências actuais do mercado de emprego poderão fazer com que muitos desempregados ou recém-mestres procurem aproveitar a crise para reforçar as suas habilitações em áreas desta natureza.

- A criação de novas grandes infra-estruturas europeias de investigação aumenta as oportunidades para profissionais com qualificações elevadas nas engenharias de base física, não só para o desenvolvimento como para as operações.

## 12.3. Opportunities.

- Anticipating public funding reduction to R&D (including research grants), it remains to be explored the availability of grants in companies, not so much used by FCUL, geared by research programs focused on industrial problem solving or to the development of processes with higher technological level and larger potential economic impact.

- Similarly, the same funding reduction may trigger innovative ideas exploiting the fundamentals of physics outside the mainstream, eventually in areas with greater risk.

- Shortage of positions in the job market may bring back jobless professionals to the university again, to update and reinforce their skills and update their knowledge.

- The emergence of new European research infrastructures may create job opportunities for professionals with higher education in physical technologies, both for development and operations.

## 12.4. Apresentação dos constrangimentos ao êxito da implementação.

- Externos: expectável redução de financiamento para I&D e bolsas e retracção dos agentes económicos, adiando quer o desenvolvimento e instalação de novos processos, como o financiamento de iniciativas de desenvolvimento de produto.

- Internos: atitude de menor abertura relativamente às aplicações da ciência, alicerçada numa cultura que privilegiava a geração de conhecimento fundamental. Há na FCUL esforço a desenvolver, existindo já núcleo importante de investigadores que pode ajudar a criar outra forma de olhar para desenvolvimento económico e sua relação com o desenvolvimento de tecnologia

- O mercado de trabalho pode ser constrangido pelo facto da FCUL não ser 1 uma escola de engenharia, o que pode atrasar a aceitação dos seus produtos de engenharia.

- Oferta afim na região Lisboa; necessidade de promover colaboração com Escolas com ofertas afins (usando o protocolo CLEA ou a figura de PhD em associação), para aproveitar complementaridades, evitando competições injustificadas

## 12.4. Threats.

- External: reduction of R&D funding, inhibition of economic agents, postponing the development and installation of new processes or delaying their own R&D funding initiatives for updated technologies and products.

- Internal: reduced willingness to envisage application of science backed by FCUL culture to give higher priority to the development of the knowledge basis. Work must be done internally to change this culture, and a group of people is already in place to revise FCUL traditional way of envisaging the relation between knowledge and technology development.

- Job market may react to FCUL engineering outcomes, due to the fact that FCUL is not a traditional engineering school.

- Similar programs in or around Lisbon: it is mandatory to promote cooperation between schools carrying out similar programs.

*The CLEA agreement or the "PhD in association" path - which FCUL does intend to use as soon as possible - may help capitalize on complementarities avoiding duplication of efforts.*

## **12.5. CONCLUSÕES**

*Com o 3º ciclo em Engenharia Física (EF), a FCUL pretende formar um conjunto de profissionais competentes e motivados para servir a sociedade. Embora a Faculdade não deva polarizar esta formação de modo a servir os seus interesses directos a nível da I&D que realiza - os dois objectivos intersectam-se todavia, pois certamente muitos doutoramentos serão feitos no âmbito das suas unidades.*

*Não se trata certamente de um ciclo de estudos orientado para um grande número de estudantes. Refira-se todavia que ele poderá atrair à escola candidatos de todas as formações que se projectem nas áreas (afins) da física aplicada, da física tecnológica ou da própria EF.*

*Sendo a temática da "medida de grandezas físicas" em qualquer domínio coberto pela acção da FCUL uma temática natural da EF, a FCUL pretende que este ciclo possa ser usado transversalmente para articular a área da física com as demais, designadamente as ciências da vida, as ciências da Terra e a própria química, deste modo beneficiando de um cada vez maior espectro de aplicações.*

*A necessidade de privilegiar o sector dos bens transaccionáveis irá despertar a atenção para as tecnologias "materiais" - por oposição às tecnologias imateriais, como o software, quase as únicas alvo de políticas públicas, pelo menos nos últimos 15 anos. A constante de tempo desta recentragem é desconhecida, podendo fazer renascer a necessidade de "fazer em Portugal", com participação de mais empresas nacionais em mais fases das diversas cadeias de valor industriais.*

*O percurso de formação de um estudante deste programa pode ser diversificado, função dos seus interesses e competências prévias, bem como das oportunidades de financiamento ou contextos aplicacionais ou de mercado. A FCUL está comprometida estrategicamente a manter a diversidade de tais percursos através de uma filosofia de parcerias (já estabelecidas e a estabelecer) que se mobilizarão em torno do aluno, beneficiando a FCUL e as unidades de I&D que acolhem e orientam, conjugada com necessidade de racionalizar a oferta formativa na área da região de Lisboa e com a intenção de se internacionalizar neste domínio através de iniciativas Erasmus ou equivalentes no domínio geral da física aplicada.*

*Este 3º ciclo beneficia da existência na FCUL de um forte conhecimento da maior parte das áreas fundamentais que servem de base à EF, constituindo uma reserva de orientação e de apoio ímpar. Beneficia ainda, ao nível do conjunto das aplicações, de uma intervenção efectiva da Faculdade nos sectores aeroespacial e da astrofísica, nas grandes infra-estruturas científicas internacionais (designadamente ESA, ESO e CERN, ESRF), no sector da metrologia e na capacidade de ligação com a indústria (designadamente associada ao grupo de óptica e lasers do ex-INETI). As iniciativas no desenvolvimento da instrumentação (ESA e ESO) existem, várias estão em implementação, outras em preparação (ELI), constituindo oportunidades de formação dos futuros doutorandos em EF.*

## **12.5. CONCLUSIONS**

*With this program in Physical Engineering (PE), FCUL wants to train skilled professionals willing to serve the society. Although the Faculty will not steer or influence students just to fulfill the objectives of its research units, both objectives will be simultaneously reached because many PhD will be executed within the R&D units of the supervisors.*

*This program will never attract a large number of students to FCUL. Nevertheless, candidates may have a large number of academic backgrounds in all areas of applied physics, technological physics or physical engineering itself.*

*Measuring physical quantities is certainly a need of almost all the areas in which the FCUL is active. Measure, metrology, quality, are noble areas of PE. FCUL therefore intends to use this PE program to link physics with the other scientific areas (namely life sciences, earth sciences and chemistry), therefore capitalizing on a wider market of demand, applications and jobs for the students.*

*Portugal needs desperately to focus on the field of tradable goods. This need will enhance the role of the "physical" technologies - in opposition to the immaterial technologies, such as software or service-oriented technologies which have almost exclusively received public priority in the last 15 years. The time to actually re-orient the industrial strategy is unknown, but, certainly, more and more national companies will strive to participate in many more phases of industrial chain values, by creating and selling more consistently higher value devices, subsystems and systems.*

*The training trajectory of a student of this program is diversified, depending on his interest, skills, on the funding opportunities and on the applications and markets contexts. FCUL is strategically committed to keep such diversity by cooperating with others in order to ensure that all the action is centered on the student - irrespectively of the benefits for FCUL and its &D units. In addition, FCUL is also willing to harmonize its PE offer with similar offers within the Lisbon area, to integrate this program in international Erasmus programs in the general area of applied physics (although on topics still to be determined).*

*This program strongly benefits from a strong knowledge base of FCUL in most of the fundamental areas of physics, which will be mobilized, as needed, to provide supervision and resources. It also benefits, at application level, from the participation of FCUL in the space, astrophysics, in large international science organizations and infrastructures (namely ESA, ESO, CERN, ESRF) and in primary metrology. It will also benefit from the in-depth knowledge of how to interact with industry (in particular through the group of optics and lasers from the ex-INETI). There are several projects in space and astrophysics instrumentation (ESA and ESO) running, other initiatives are being worked out (ELI), representing a large potential for the training of the EP PhD students.*