

A física e a tecnologia ao serviço da saúde: da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Paulo Crespo[‡] (crespo@lip.pt)

INICIATIVA *BIG BANG* NA ESCOLA JOSÉ SARAIVA EM LEIRIA



DEPARTAMENTO DE FÍSICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

2014-01-15



U · C ·



Índice

1 Introdução

- O que é a radioterapia?
- Instalações (hospitales) típicas
- Radioterapia: vale a pena?

2 O que é a radiação?

- Radiação electromagnética
- Partículas carregadas (iões) ou neutras (neutrões)

3 Efeitos da radiação ionizante nos tecidos biológicos

- Prejudiciais: carcinogénese, alterações genéticas, indução de morte ou disfunção celular
- Benéficos (quando aplicada de modo controlado): indução de morte em células não desejadas e.g. malformações congénitas (angiomas), tumores

4 Investigação & desenvolvimento no LIP e na Universidade de Coimbra

- Monitorização de radioterapia
- Instrumentação para radiobiologia com protões

A física e a tecnologia ao serviço da saúde:
da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radiação?

Efeitos da radiação

I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

1. Introdução

1.1 O que é a radioterapia?

Exemplo de posicionamento do paciente para posterior tratamento de tumor na região do pescoço.



A física e a tecnologia ao serviço da saúde:
da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radioterapia?

Instalações típicas

Radioterapia: vale a pena?

O que é a radiação?

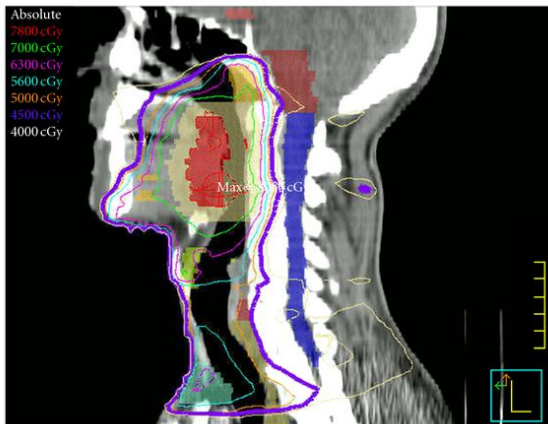
Efeitos da radiação

I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

1. Introdução

1.1 O que é a radioterapia?

Exemplo de distribuição de dose para tratamento de cancro na orofarinxe.



A física e a tecnologia ao serviço da saúde: da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radioterapia?

Instalações típicas

Radioterapia: vale a pena?

O que é a radiação?

Efeitos da radiação

I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

1. Introdução

1.2 Instalações (hospitalares) típicas

Vista lateral de um acelerador linear (LINAC, do Inglês *linear accelerator*):



A física e a tecnologia ao serviço da saúde: da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radioterapia?

Instalações típicas

Radioterapia: vale a pena?

O que é a radiação?

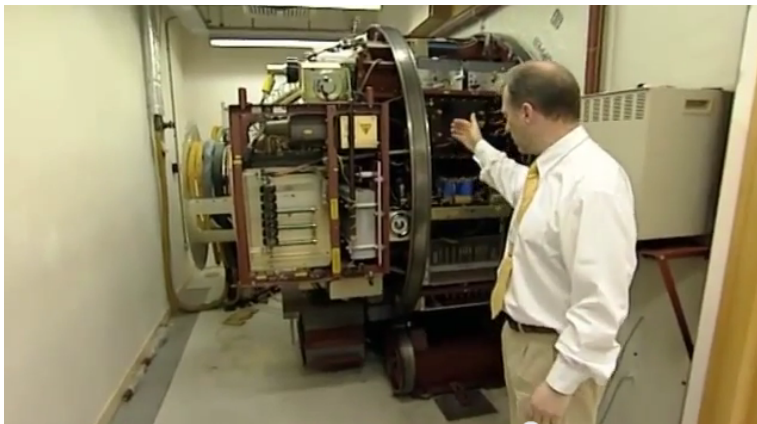
Efeitos da radiação

I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

1. Introdução

1.2 Instalações (hospitales) típicas

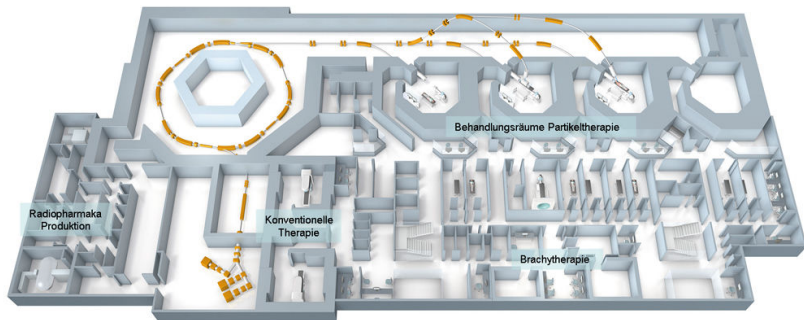
Vista posterior de um acelerador linear (LINAC, do Inglês *linear accelerator*):



1. Introdução

1.2 Instalações (hospitalares) típicas

Maquete de um centro para terapia com iões, providenciando feixes de iões do hidrogénio (i.e. protões) ao oxigénio.



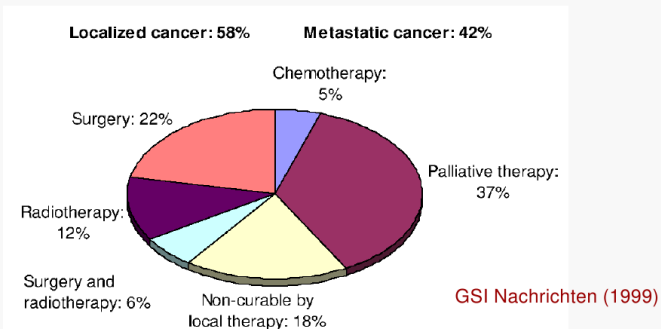
1. Introdução

1.3 Radioterapia: vale a pena?

Distribuição das modalidades de tratamento

- **Localized tumors:**

- ▶ WHO: 15 million new cases / year; EU: 1.8 million new cases / year.
- ▶ Treatment fails for 18 % of all cancers = 280 000 deaths per year in the EU (1998)



1. Introdução

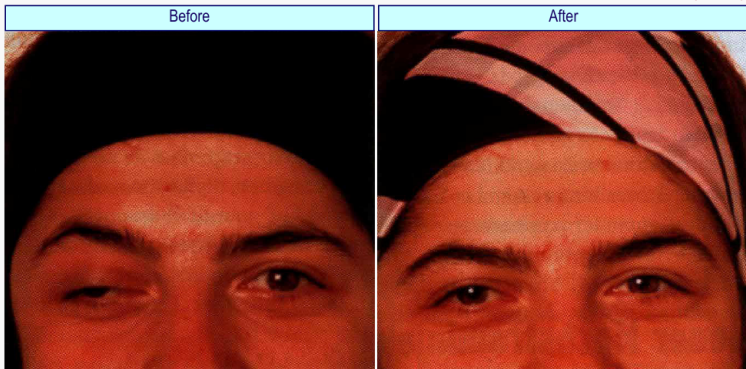
1.3 Radioterapia: vale a pena?

Regressão de tumor na base do cérebro

- **Localized dose = better sparing of organs at risk**

▶ Before and 6 weeks after radiotherapy with ^{12}C

GSI Nachrichten (1999)



A física e a tecnologia ao serviço da saúde: da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radioterapia?

Instalações típicas

Radioterapia: vale a pena?

O que é a radiação?

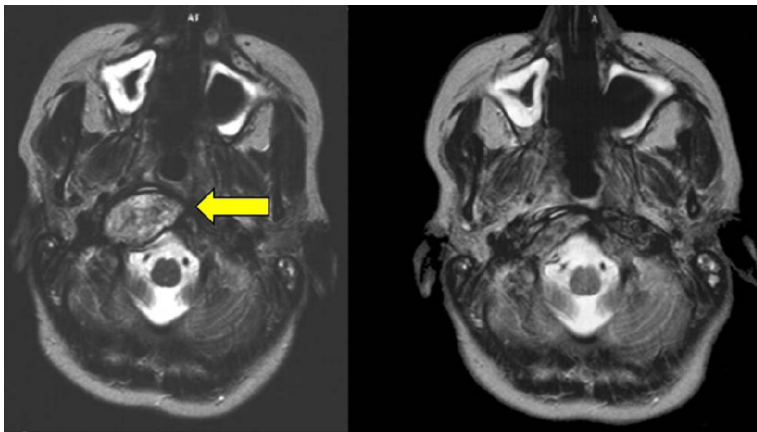
Efeitos da radiação

I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

1. Introdução

1.3 Radioterapia: vale a pena?

Ressonância magnética nuclear mostrando regressão de tumor na base do cérebro 6 semanas após radioterapia (RT) com ^{12}C :



A física e a tecnologia ao serviço da saúde: da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radioterapia?

Instalações típicas

Radioterapia: vale a pena?

O que é a radiação?

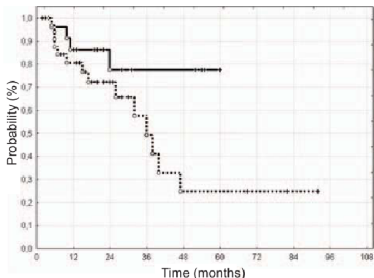
Efeitos da radiação

I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

1. Introdução

1.3 Radioterapia: vale a pena?

- Resultados de RT de carcinoma da glândula salivar em estado avançado:
 - Curva a cheio (em cima): taxa de controlo local (LCR) para 29 pacientes tratados com fotões (IMRT) combinados com ^{12}C .
 - Curva tracejada (em baixo): resultados para 35 pacientes tratados com IMRT apenas.
 - : **Conclusão:** RT com ^{12}C +fotões sobe taxa de controlo local de 25% para 75% a 5 anos de follow-up (seguimento dos pacientes tratados).

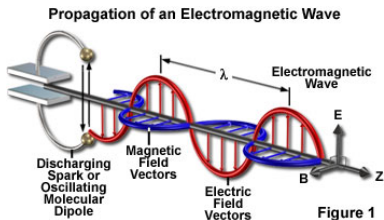


2. O que é a radiação?

2.1 Radiação electromagnética (EM)

É a propagação, no espaço, de um campo eléctrico ortogonal a um campo magnético.

- **Onda electromagnética:** Exemplo de uma onda EM linearmente polarizada.



2. O que é a radiação

2.1 Radiação electromagnética?

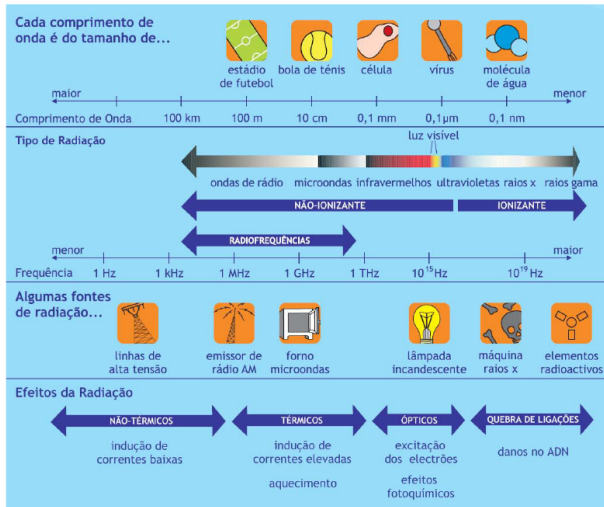


Fig. 1. Espectro electromagnético, fontes de radiação e os seus efeitos.

Retirado de: C. Oliveira, D. Sebastião, D. Ladeira, M. Antunes, L.M. Correia, *Fontes de campos electromagnéticos em radiofrequência, em Radioproteção*, vol. 2, p. 73, 2010

A física e a tecnologia ao serviço da saúde: da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radiação?

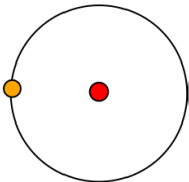
Radiação electromagnética
Partículas

Efeitos da radiação

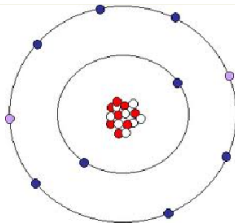
I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

2. O que é a radiação?

2.2 Partículas carregadas (iões)



Hidrogénio



Oxigénio (O^{2-})

Periodic Table Of The Elements

A física e a tecnologia ao serviço da saúde: da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radiação?

Radiação electromagnética

Partículas

Efeitos da radiação

I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

3. Efeitos da radiação ionizante nos tecidos biológicos

3.1 Prejudiciais: carcinogénese, alterações genéticas, indução de morte ou disfunção



Indução de alterações genéticas

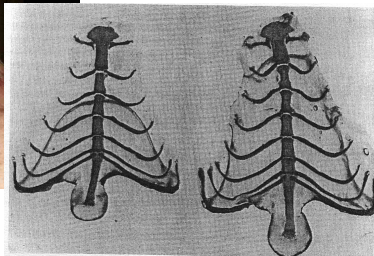


Figure 20-4. One of the skeletal anomalies in mice, the extra rib, used for the direct estimate of first generation genetic risks of radiation. (Courtesy of Dr. P.B. Selby, Oak Ridge National Laboratory)

Efeitos colaterais de radioterapia com fotões

A física e a tecnologia ao serviço da saúde: da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radiação?

Efeitos da radiação

Prejudiciais

Benéficos

I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

3. Efeitos da radiação ionizante nos tecidos biológicos

3.2 Benéficos (se em modo controlado): indução de morte em células não desejadas

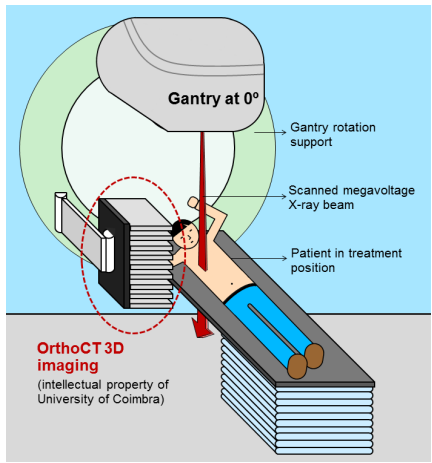
Regressão de tumor de grandes dimensões na laringe após radioterapia com raios X e neutrões (Munique, Alemanha)



4. I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

4.1 Monitorização de radioterapia

Conceito baseado na medição colimada de radiação X e γ dispersa no paciente, antes ou durante o tratamento de radioterapia:



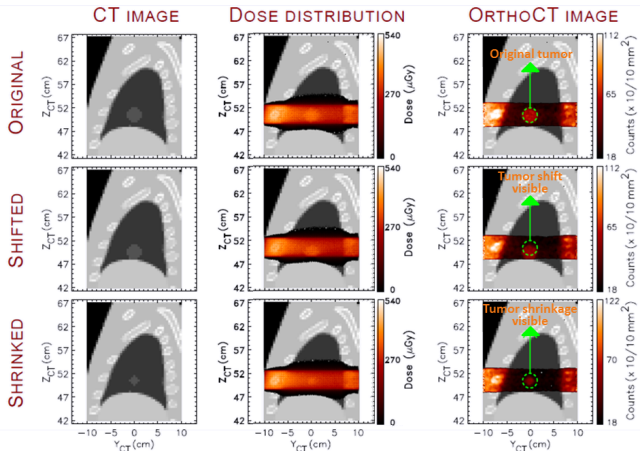
A física e a tecnologia ao serviço da saúde: da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice
Introdução
O que é a radiação?
Efeitos da radiação
I&D no LIP e na Universidade de Coimbra
Monitorização de radioterapia
Instrumentação para radiobiologia

4. I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

4.1 Monitorização de radioterapia

- **Simulação** de irradiação de tumor no pulmão, contemplando:
 - Mudança de tamanho do tumor (progressão ou regressão)
 - Mudança de posição do tumor



A física e a tecnologia ao serviço da saúde:
da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radiação?

Efeitos da radiação

I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

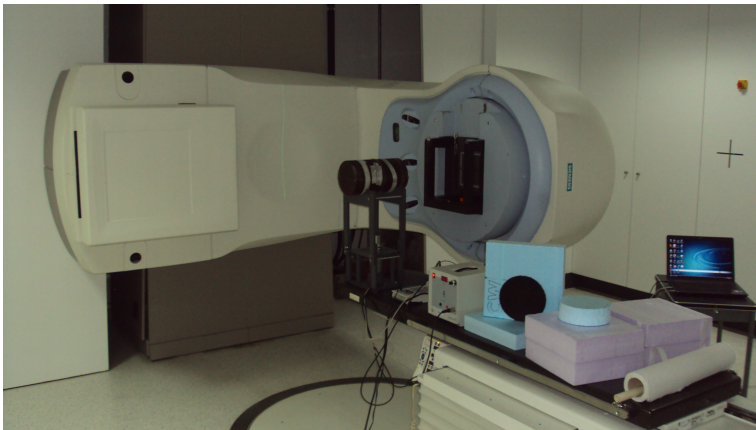
Monitorização de radioterapia

Instrumentação para radiobiologia

4. I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

4.1 Monitorização de radioterapia

- Montagem **experimental** para toma de medidas no IPO de Coimbra. Fantoma (alvo) utilizado:
 - Estequiometria similar à do músculo humano.
 - Heterogéneo, i.e. com cavidade de ar imersa no seu centro.



A física e a tecnologia ao serviço da saúde:
da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radiação?

Efeitos da radiação

I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

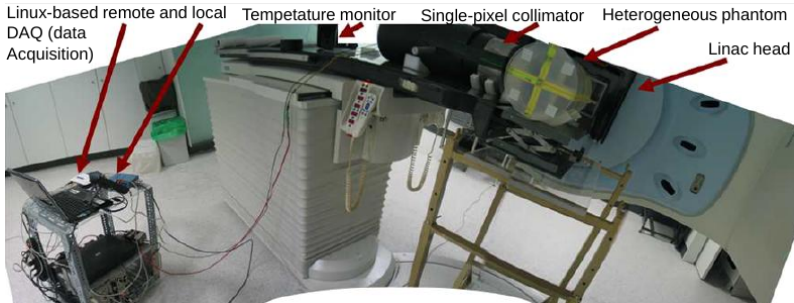
Monitorização de radioterapia

Instrumentação para radiobiologia

4. I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

4.1 Monitorização de radioterapia

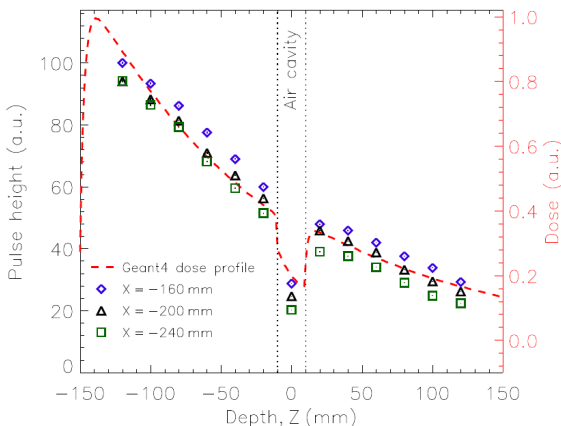
- Montagem **experimental** para toma de medidas no IPO de Coimbra. Fantoma (alvo) utilizado:
 - Estequiometria similar à do músculo humano.
 - Heterogéneo, i.e. com cavidade de ar imersa no seu centro.



4. I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

4.1 Monitorização de radioterapia

- Resultados **experimentais** obtidos em feixe de raios X de megavoltagem no IPO de Coimbra.
 - Experiência com detector único colimado.
 - Varrimento linear.



A física e a tecnologia ao serviço da saúde: da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radiação?

Efeitos da radiação

I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

Monitorização de radioterapia

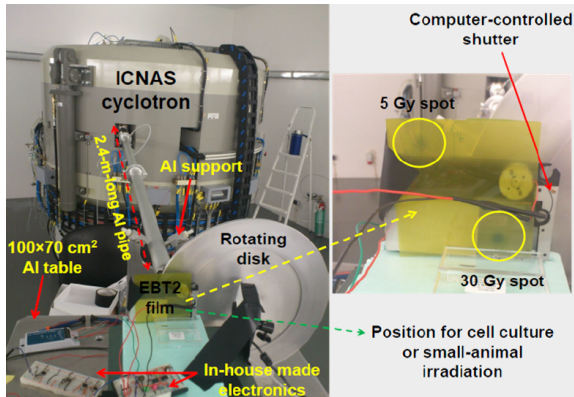
Instrumentação para radiobiologia

4. I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

4.2 Instrumentação para radiobiologia com protões

• Motivação:

- Ciência fundamental em radiobiologia e radiofisiologia com feixes de protões.
- Ciência aplicada em radiooncologia. E.g. existirá vantagem terapêutica na radioterapia concomitante com fármacos naturais (vit. C, E) e/ou artificiais (aspirina, quimioterapia)?



A física e a tecnologia ao serviço da saúde:
da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radiação?

Efeitos da radiação

I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

Monitorização de radioterapia

Instrumentação para radiobiologia

Agradecimentos

- À **audiência** pela atenção.
- Ao projecto da Ciência Viva "Pais com a Ciência," onde se insere esta palestra, organizada por **Irene Primitivo**, Presidente da Associação de Pais da Escola José Saraiva em Leiria.
- Aos organizadores da iniciativa **Big Bang 2013/14**, Profs. Doutores João Carvalho e Constança Providência (Departamento de Física, Universidade de Coimbra)
- Aos **colaboradores**:
 - **LIP**: Dr. Hugo Simões, Dr. Sharif Ghithan, Dr^a Patrícia Cambraia Lopes, Prof. Doutor Rui Ferreira Marques, Doutor Paulo Fonte, João Silva, Prof. Doutor Francisco Fraga, Dr. Rui Alves, Doutor Alberto Blanco, Eng. Nuno Dias, Joaquim Oliveira, Carlos Silva, Dr. Ricardo Caeiro
 - **Universidade de Coimbra**: Eng. João Simões, Dr^a Laura Alho, Eng^a Marta Costa e Silva, Dr^a Tânia Covas, Doutor Francisco Alves, Doutor Sérgio do Carmo, Doutora Célia Gomes, Doutor Antero Abrunhosa, Prof. Doutor Pedro Vieira Alberto, Dr. Pedro Almeida, Dr. Luís Pinto
 - **IPO Coimbra**: Doutora Maria do Carmo Lopes, Dr. Miguel Capela, Dr^a Josefina Mateus
 - **Serviço de Radioterapia dos Hospitais da Universidade de Coimbra**: Dr. Paulo Rachinhas, Dr. Paulo César, Dr^a Paula Soares, Doutora Ana Cavaco
 - **IPO Porto**: Doutor João Santos, Doutora Joana Lencart, Dr^a Helena Pereira, Doutora Isabel Bravo
 - **Delft University of Technology, Holanda**: Doutor Dennis Schaart, Dr^a Patrícia C. Lopes
 - **Heidelberg Ion Beam Therapy Center, Alemanha**: Prof. Doutora Katia Parodi, Dr^a Patrícia Cambraia Lopes, Doutor Stephan Brons
 - **Alumni**: Joana Gonçalves, Liliana Sampaio, Dr. Marco Pinto, Dr^a Micaela Cunha, Ricardo J. Ferreira, Henrique M. Saraiva, Dr^a Maria Cristina Battaglia

A física e a tecnologia ao serviço da saúde:
da radioterapia com raios X e gama aos iões de hidrogénio e carbono

Índice

Introdução

O que é a radiação?

Efeitos da radiação

I&D no LIP e na Universidade de Coimbra

Monitorização de radioterapia

Instrumentação para radiobiologia

Transferência de Conhecimento e de Tecnologia

DEPARTAMENTO DE FÍSICA - U. C.

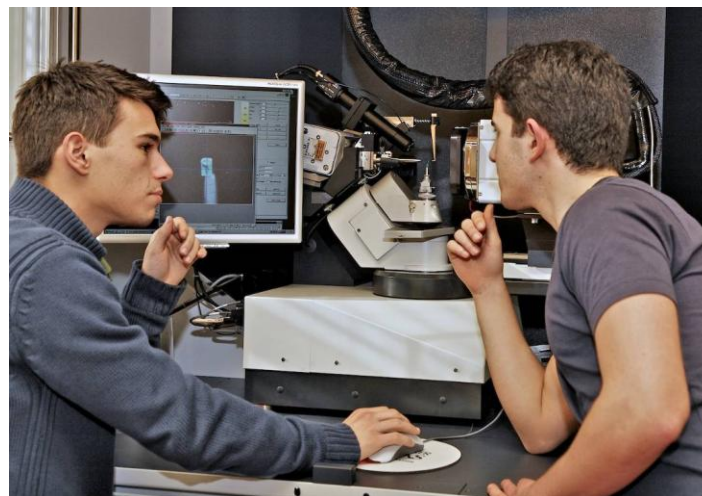
<http://www.fis.uc.pt>



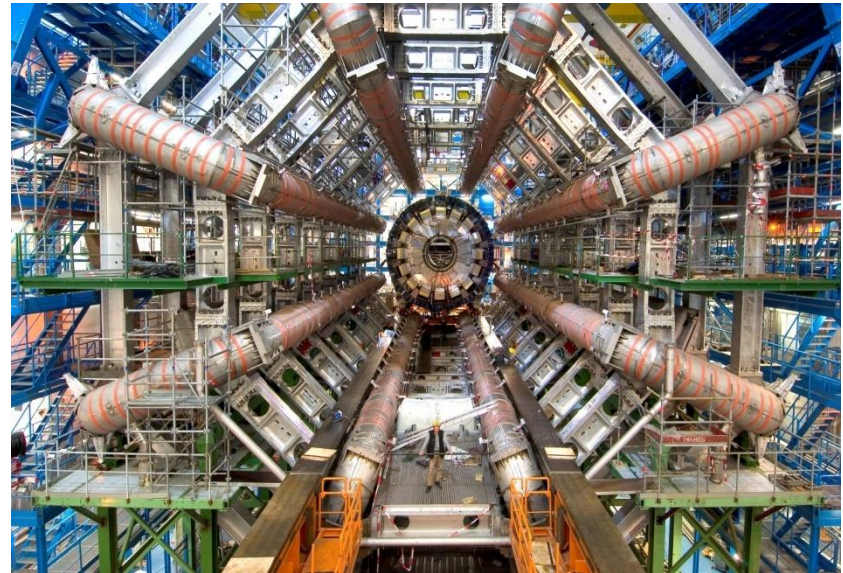
**Licenciaturas
Mestrados**



**Física
Engenharia Física
Engenharia Biomédica**



Transferência de Conhecimento e de Tecnologia



Investigação Científica

Transferência de Conhecimento e de Tecnologia



Carreiras de sucesso em **grandes indústrias** nacionais e transnacionais:

Siemens, Ford Electrónica, TAP, EDP, Sonae, Soporcel, Revigrés, Roca, Renova

ou em **empresas de base tecnológica**:

Critical Software

ENEIDA

BlueWorks

ISA – Intelligent Sensing Anywhere

jeKnowledge - Associação Conhecimento Prévio

Instituto Pedro Nunes incubadora de empresas da Univ. Coimbra

CISION
LPM

ID: 23816241

Publico
P

13-02-2009 | Economia

Capa

Ninho dourado

Mais de mil empregos criados e mais de 130 empresas fora do papel. Com muita exigência, mas também com um forte espírito de cooperação, a incubadora do IPN em Coimbra tornou-se a segunda melhor do mundo. Aqui dentro, nada nasce nem cresce sozinho



Coimbra



**Campus Universitário:
património da UNESCO**

Coimbra



**Tradição Universitária:
e.g. Queima das Fitas**

Coimbra



**Cidade Universitária:
e.g. desportos náuticos**

Universidade de Coimbra



Universidade de Coimbra



Universidade de Coimbra

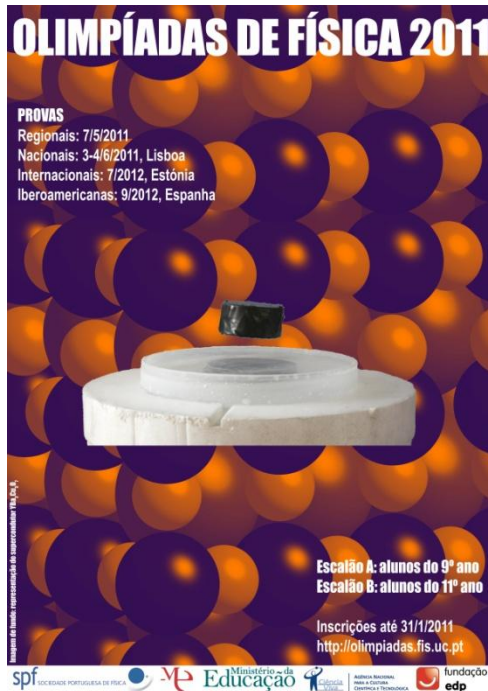


Mais Física



projecto **Quark!**
Escola de Física para Jovens

<http://algol.fis.uc.pt/quark/>



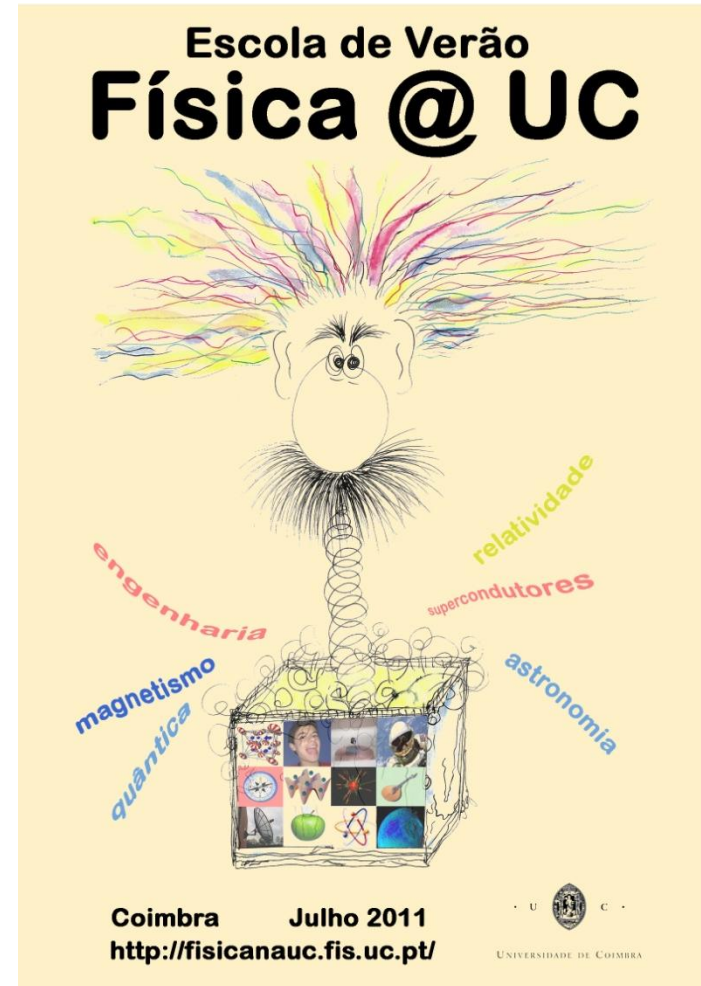
OLIMPIADAS DE FÍSICA 2011

PROVAS
Regionais: 7/5/2011
Nacionais: 3-4/6/2011, Lisboa
Internacionais: 7/2012, Estónia
Iberoamericanas: 9/2012, Espanha

Escalão A: alunos do 9º ano
Escalão B: alunos do 11º ano

Inscrições até 31/1/2011
<http://olimpiadas.fis.uc.pt>

Logos: spf, Ministério da Educação, Fundação de Amparo à Pesquisa em Física, Fundação de Amparo à Pesquisa em Física, Fundação de Amparo à Pesquisa em Física, edp



**Escola de Verão
Física @ UC**

engenharia
magnetismo
quântica
relatividade
supercondutores
astronomia

Coimbra **Julho 2011**
<http://fisicanauc.fis.uc.pt/>

UNIVERSIDADE DE COIMBRA

<http://olimpiadas.fis.uc.pt>