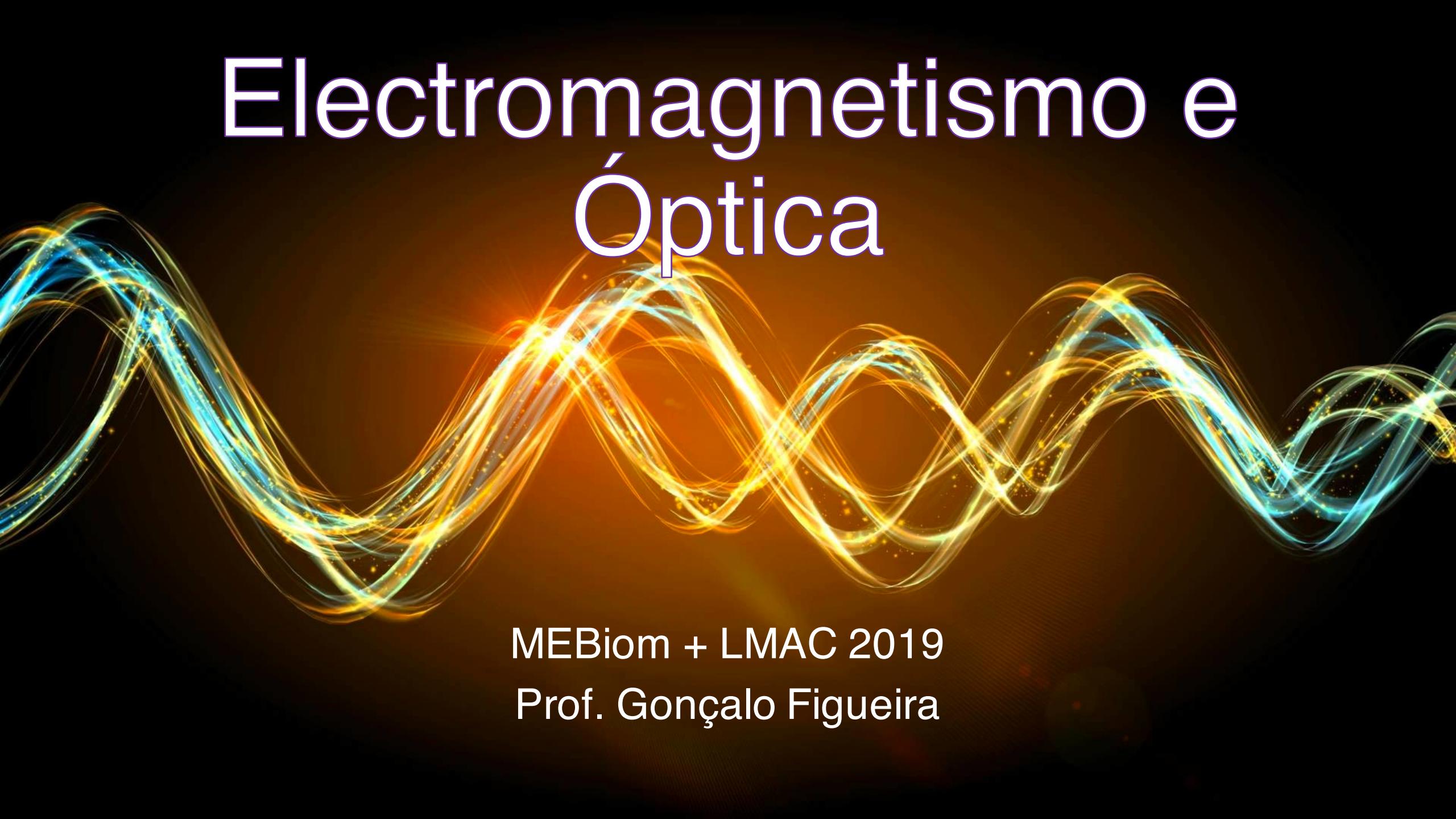


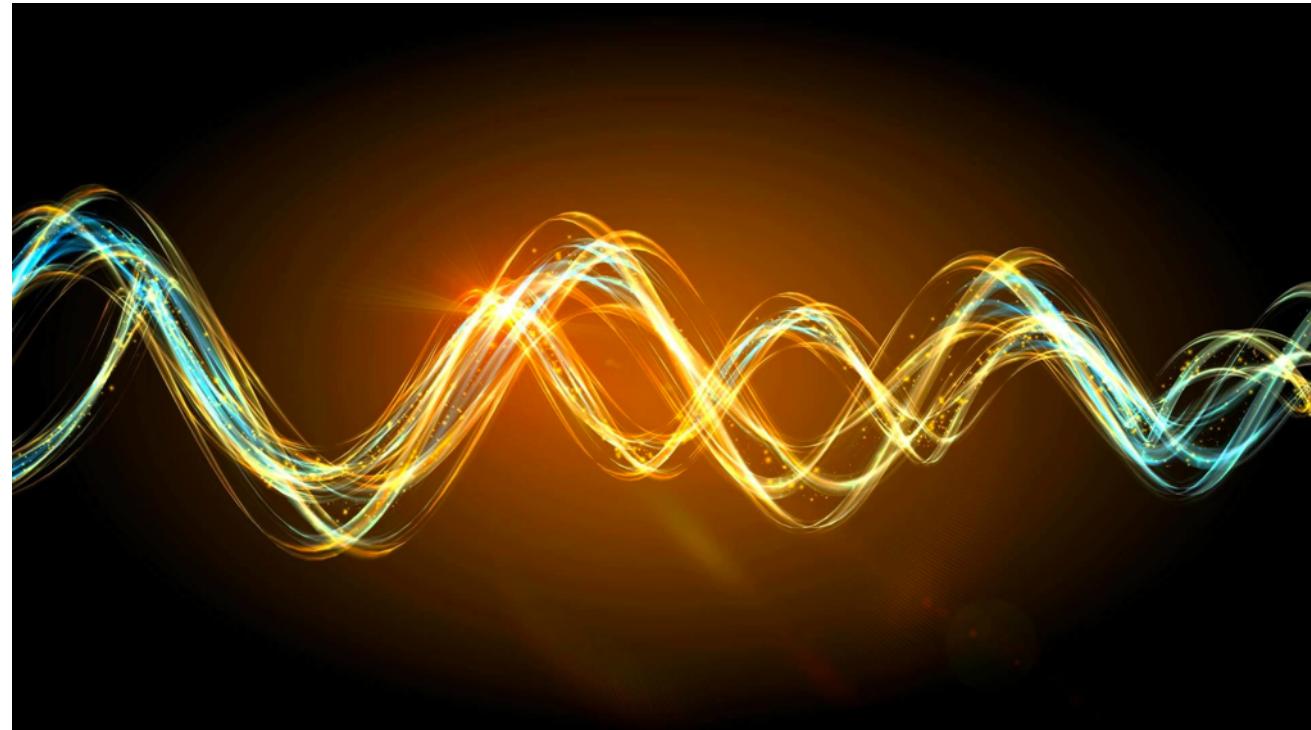
# Electromagnetismo e Óptica



MEBiom + LMAC 2019  
Prof. Gonçalo Figueira

# Apresentação

- objectivos
- programa
- bibliografia
- avaliação
- aulas de laboratório
- breve introdução a E&O



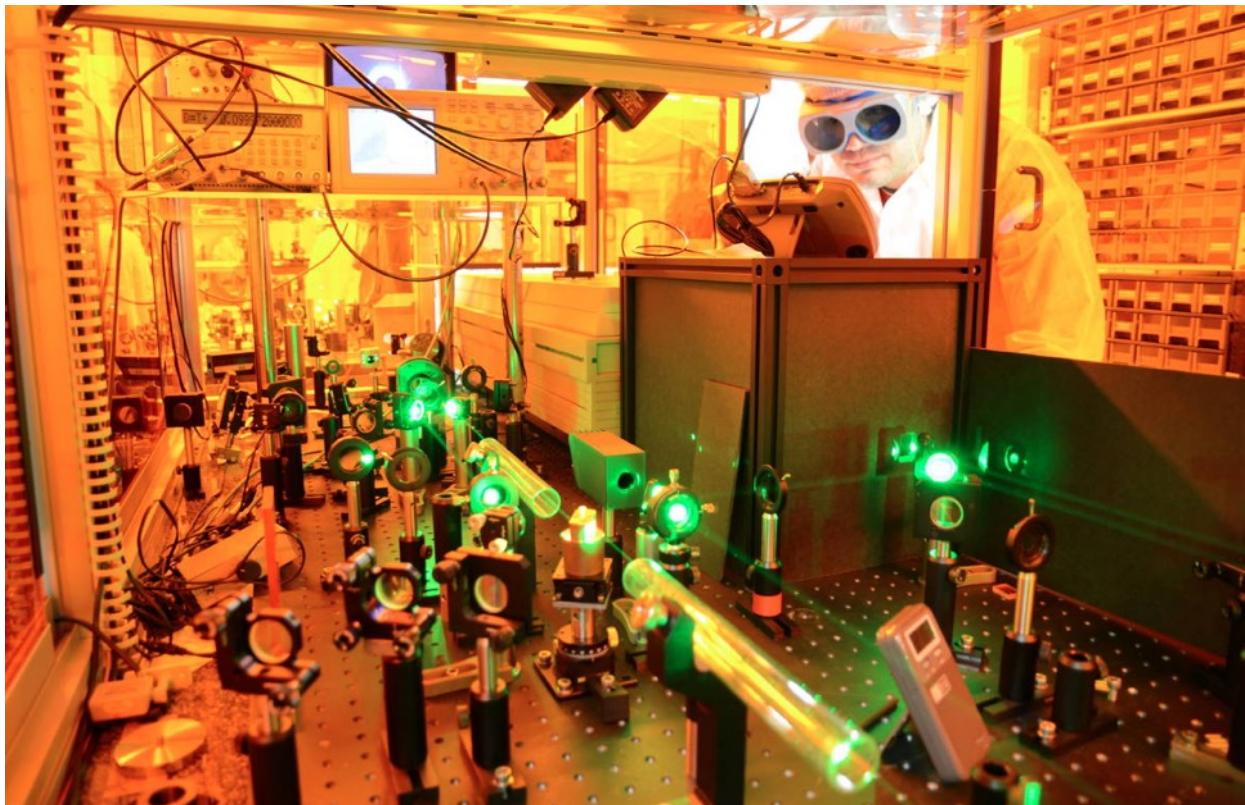
# Sobre mim

## Gonçalo Figueira

goncalo.figueira@tecnico.ulisboa.pt  
[web.tecnico.ulisboa.pt/goncalo.figueira](http://web.tecnico.ulisboa.pt/goncalo.figueira)

@ Complexo Interdisciplinar

89-94 LEFT, IST  
94-96 Central Laser Facility, UK  
97-01 Doutoramento, IST-UTL  
02-14 Investigador, IPFN  
2015 Professor, Dep. Física



# Outros docentes

**Patrícia Muiño**

Aulas de laboratório



**Hugo Pires**

Aulas práticas



# Objectivos de EO

aprender os conceitos e princípios básicos do electromagnetismo e da óptica física

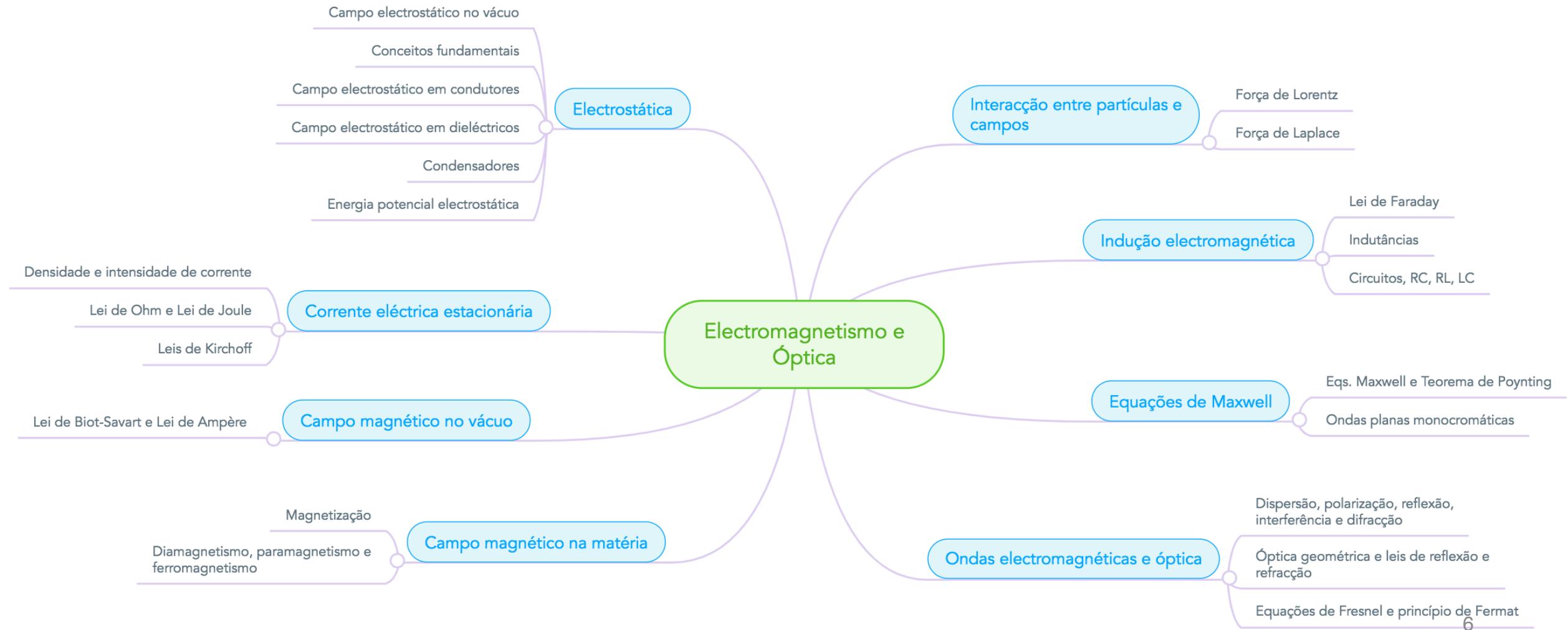
compreender os conceitos através de aplicações ao mundo real, na física e noutras áreas

aplicar os conceitos à resolução de problemas

complementar o ensino teórico-prático com trabalhos laboratoriais



# Programa



# Programa

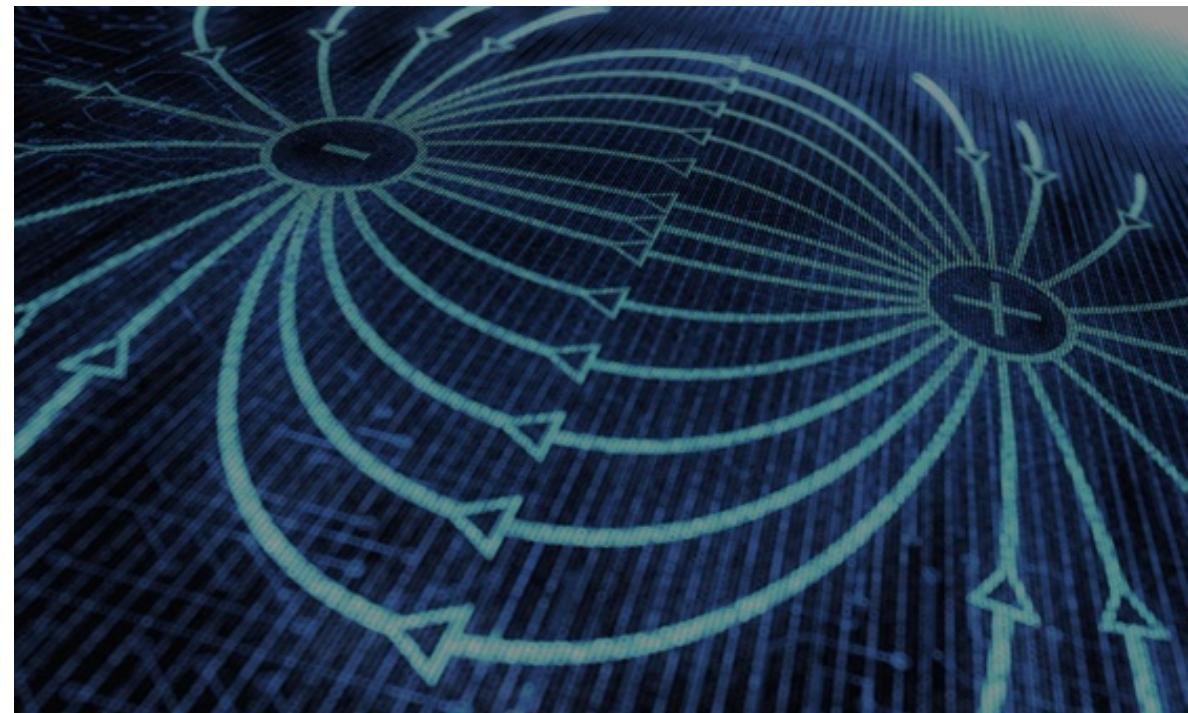
## Electrostática

- Campo eléctrico no vácuo e conceitos fundamentais
- Campo eléctrico em condutores
- Campo eléctrico em dieléctricos
- Condensadores
- Energia potencial electrostática

## Corrente eléctrica estacionária

## Magnetostática

- Campo magnético no vácuo
- Campo magnético na matéria



1.º teste:



# Programa

**Interacção entre partículas e campos  
Campo magnético variável e indução magnética**

- Lei de Faraday e indutâncias

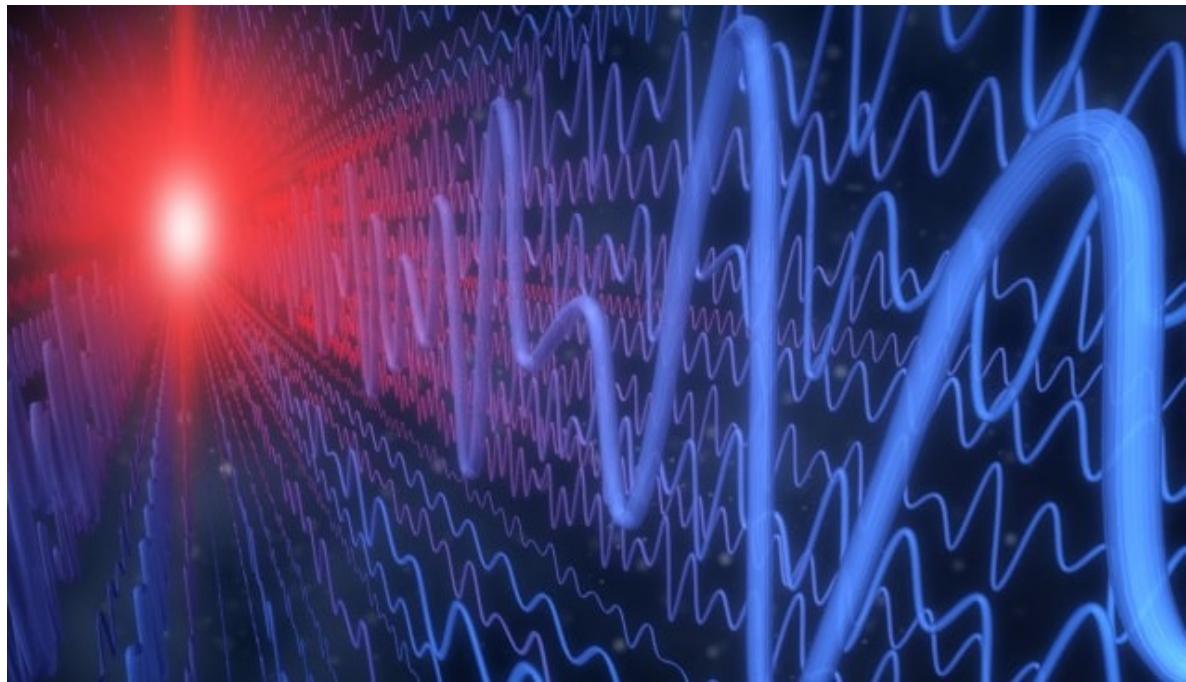
**Energia potencial magnética**

Circuitos eléctricos

**Equações de Maxwell e ondas electromagnéticas**

- Equações de Maxwell e Teorema de Poynting
- Equação de onda

**Ondas electromagnéticas e óptica**

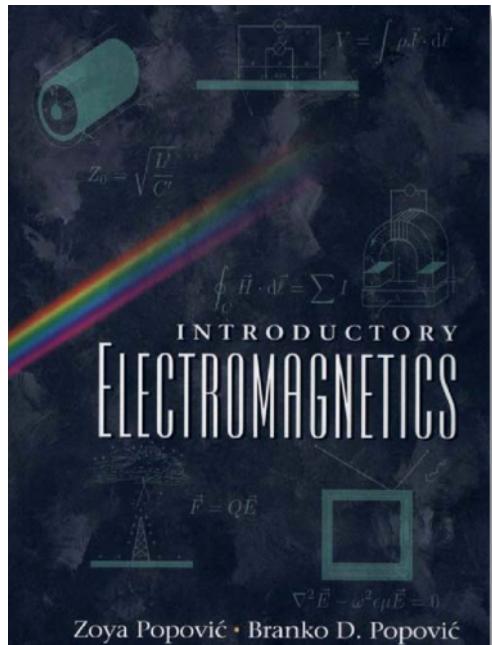


**2.º teste:**

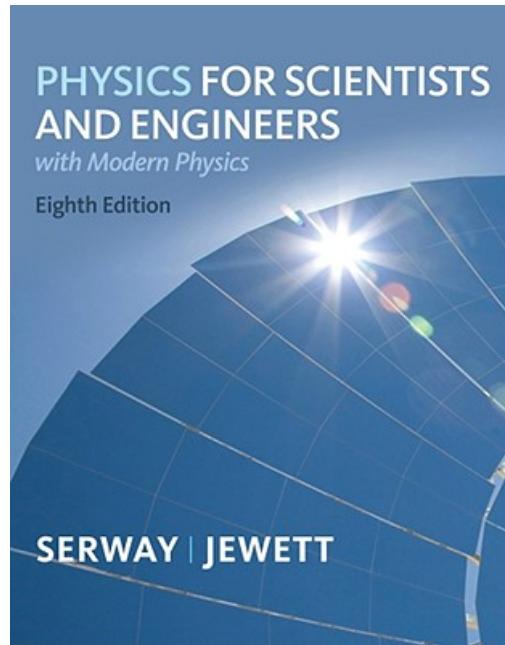


# Bibliografia

Popovic & Popovic,  
*Introductory  
Electromagnetics* \*



Serway & Jewett,  
*Physics for Scientists  
and Engineers*



Barão & Mendes,  
*Colecção de  
Problemas de E&O*

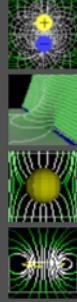


\* <http://www.e-booksdirectory.com/details.php?ebook=9343>

# Recursos online

- <https://www.falstad.com/mathphysics.html>
- <https://www.compadre.org/Physlets/electromagnetism/>
- <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics/electricity-magnets-and-circuits>

**Electricity and Magnetism: Statics**

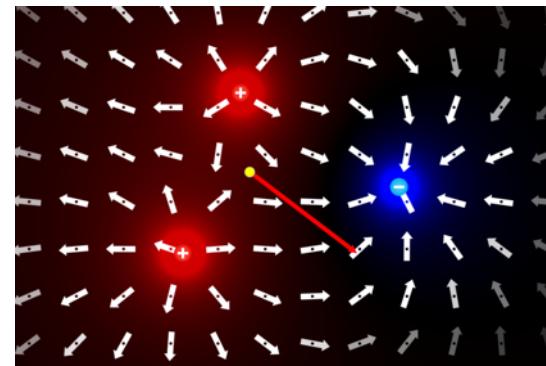
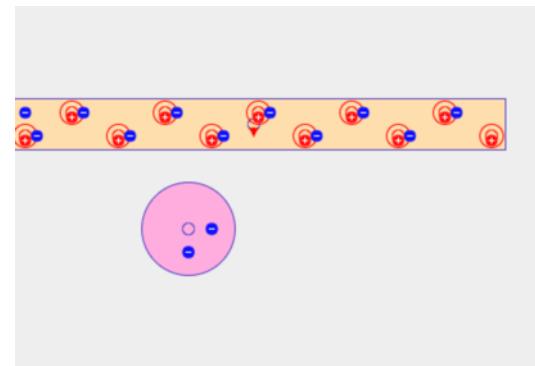


**2-D Electrostatics Applet**  
Demonstrates static electric fields and steady-state current flow.

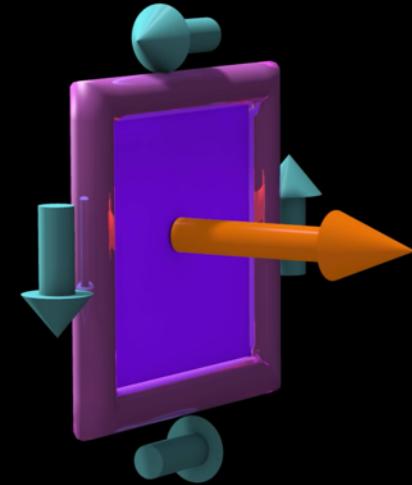
**2-D Electrostatic Fields Applet**  
Demonstrates electric fields in various 2-D situations; allows for simulation of charge distributions.

**3-D Electrostatic Fields Applet**  
Demonstrates electric fields in various 3-D situations.

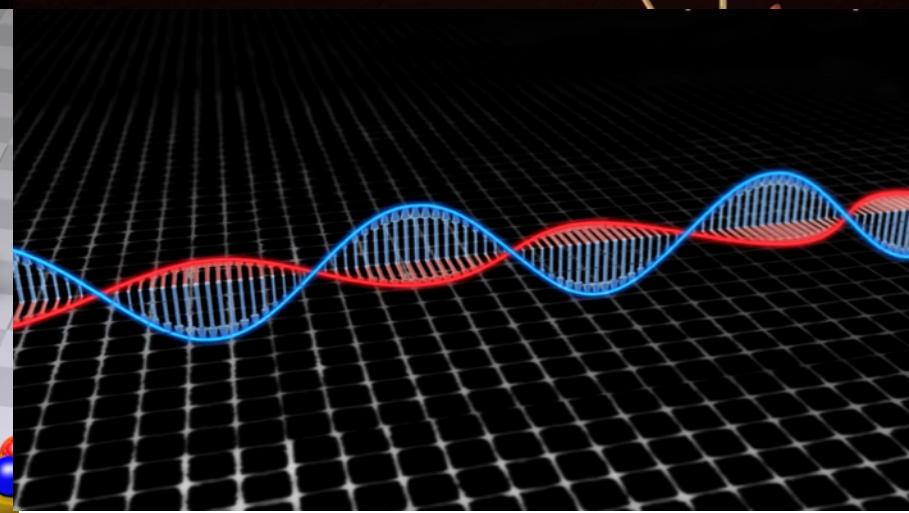
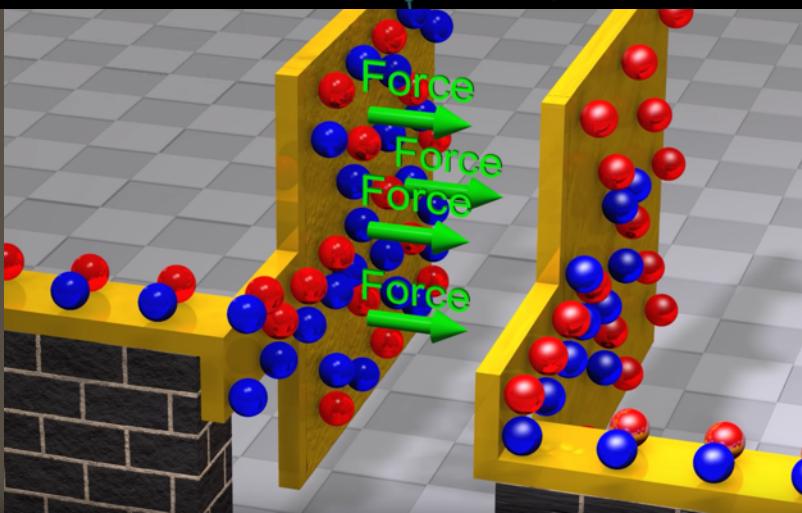
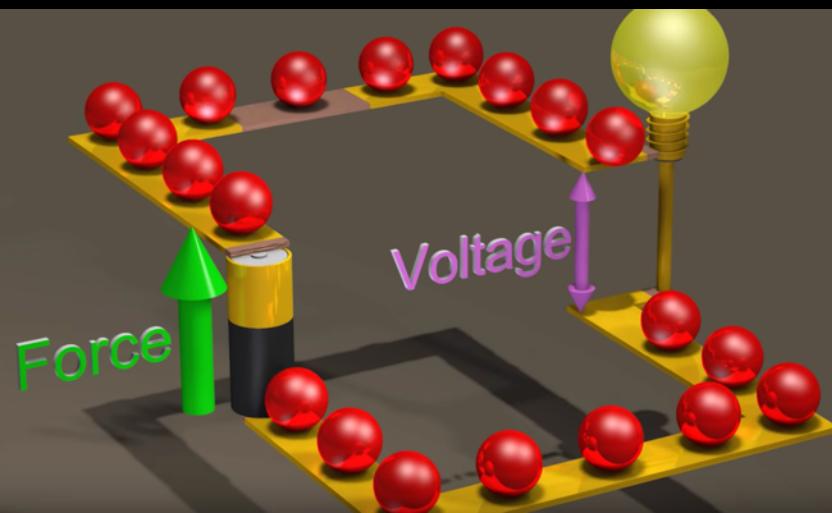
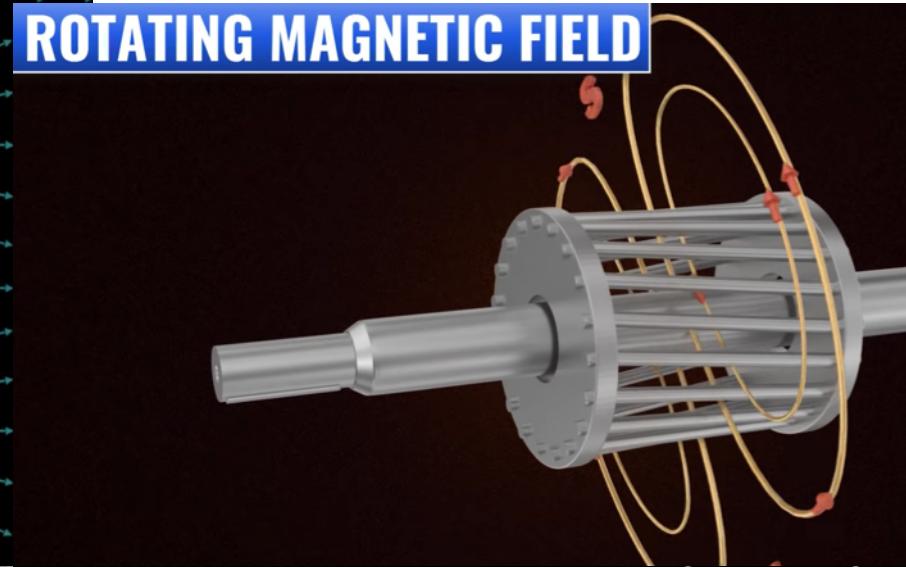
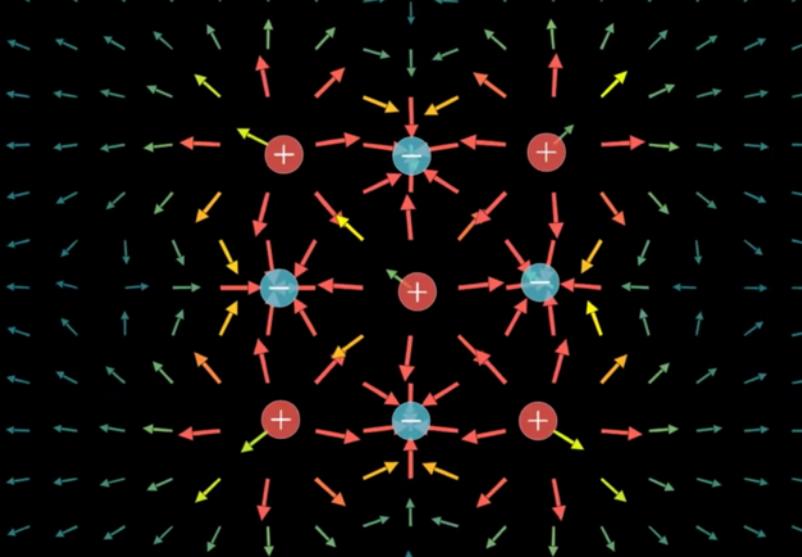
**3-D Magnetostatic Fields Applet**  
Demonstrates magnetic fields in various situations.



# Recursos online: YouTube



At each point in space, the amount of curl can be represented by the length of an arrow that is perpendicular to the surface.



# Avaliação

## **Dois teste (50%+50%) e um exame**

Na data de exame pode-se, como alternativa, fazer uma prova de recuperação de um dos testes

|          |                    |
|----------|--------------------|
| Teste 1: | 8 de Abril, 18:30  |
| Teste 2: | 11 de Junho, 11:30 |
| Exame:   | 9 de Julho, 11:30  |

Nota mínima nos testes / exame: 9 valores

Nota mínima na média dos laboratórios: 10 valores

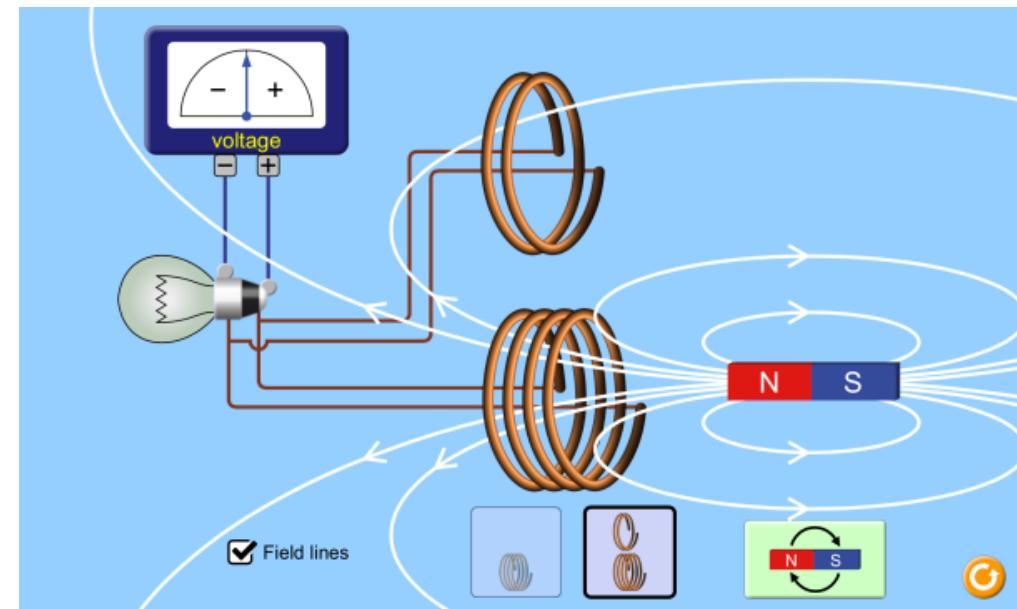
**Nota final = 75% (média testes ou exame) + 25% (laboratório)**

# Laboratórios

## Três experiências

- Leis de Ohm e Kirchoff: 11-15 de Abril
- Lei de Faraday: 6-10 de Maio
- Óptica Ondulatória: 20-24 de Maio

**Inscrições:** 25 de Fevereiro a 10 de Março



# Laboratórios

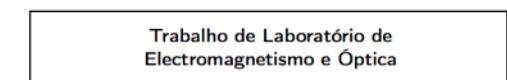
- As aulas de laboratório são OBRIGATÓRIAS
- 3 elementos por grupo
- 6 grupos (max.) por sessão de laboratório
- TODOS devem preparar a sessão de laboratório
- Faltas: avisar o docente com antecedência

# Sessões de laboratório

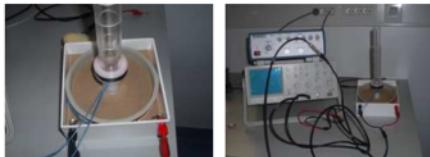
- Método experimental deve ser estudado antecipadamente
- Avaliação imediata através de perguntas e apreciação da montagem
- Elaboração e entrega dos resultados e relatório no **final da sessão**
- Existem minutas obrigatórias de relatório para cada experiência
- Duração 2h00
- Nota mínima da relatório individual: 8 valores

# Guias de experiências

## Material disponível na página fenix



Campo magnético  $\vec{B}$  produzido por um enrolamento percorrido por uma corrente eléctrica;  
Lei de Faraday

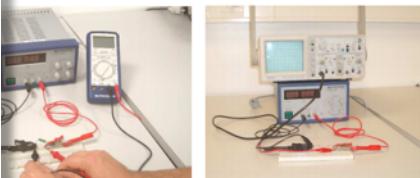


Fernando Barão, Manuela Mendes, Filipe Mendes  
Profs do Departamento de Física do IST

Departamento de Física, IST

Trabalho de Laboratório de Electromagnetismo e Óptica

Determinação de diferenças de potencial e correntes eléctricas em circuitos eléctricos;  
Leis de Ohm e Kirchhoff



Fernando Barão, Filipe Mendes, Manuela Mendes  
Profs do Departamento de Física do IST

Última revisão: Fevereiro 2018

Departamento de Física, IST

### Óptica Ondulatória

#### 1. Introdução

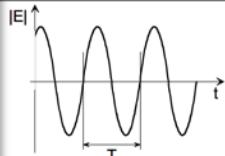
##### gnéticas

es por todo o lado na Natureza: luz, som, ondas de radio, etc. No caso de ondas electromagnéticas, ou seja, em que a grandeza cuja variação é o campo eléctrico (e o campo magnético, claro!). A sua expressão, para uma onda plana monocromática a propagar-se segundo a direcção x, é:

$E = E_0 \cos(\omega t + \varphi)$ ,

onde  $\omega$  é a frequência angular ( $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$ , em que  $f$  e  $T$  são, respectivamente, a frequência e o período da onda),  $E_0$  é a amplitude da onda,  $k$  é o vector de onda, ou frequência angular espacial ( $k = 2\pi/\lambda$ , em que  $\lambda$  é a longueur d'onde, ou frequência espacial),  $\varphi$  é a fase inicial da onda (o ponto que tomamos como origem de x, e do instante em que a onda passa por zero).

As equações acima estão relacionadas entre si:



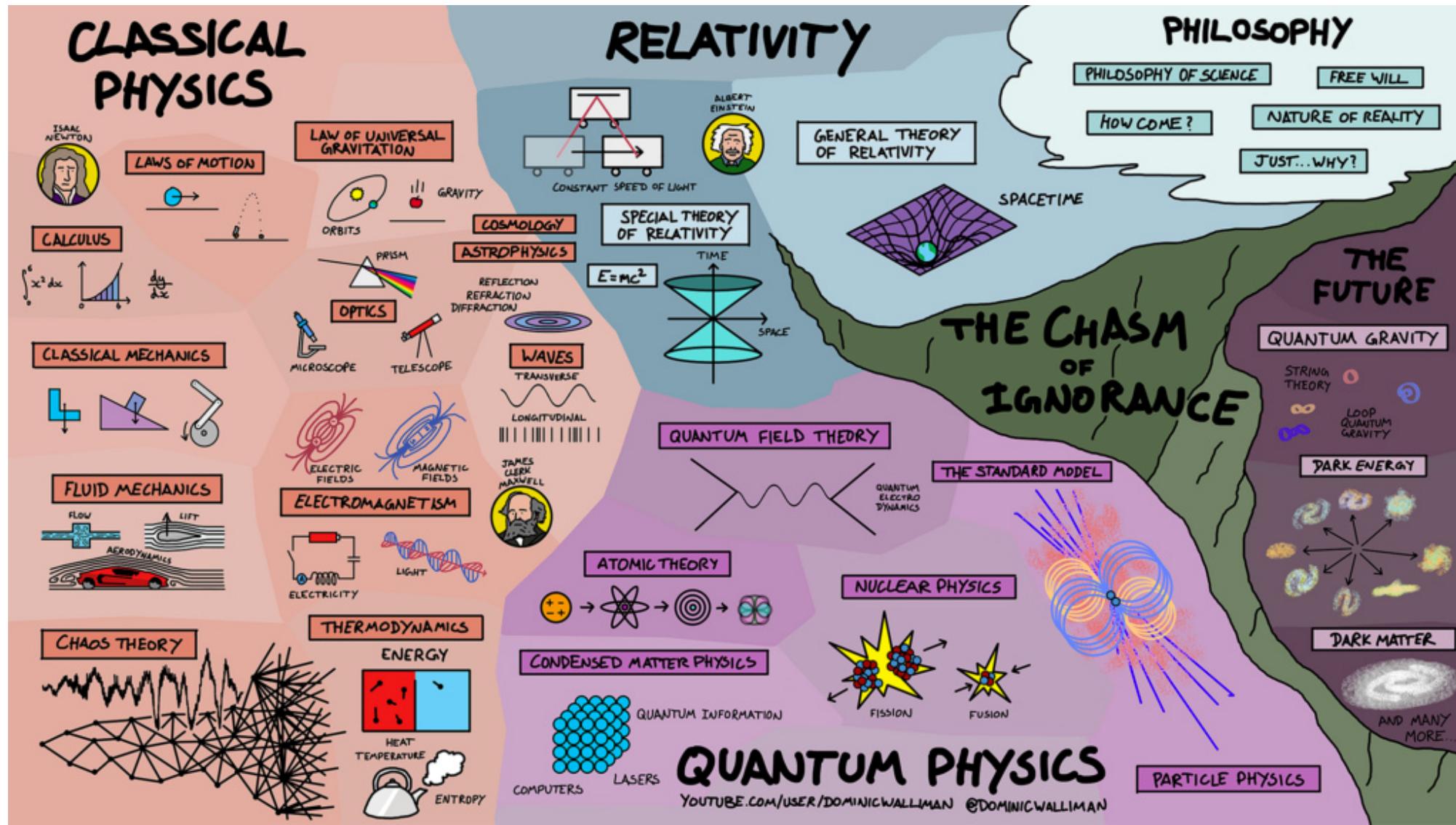
Onda eléctrica em função do tempo num dado ponto do espaço

é de propagação da onda.

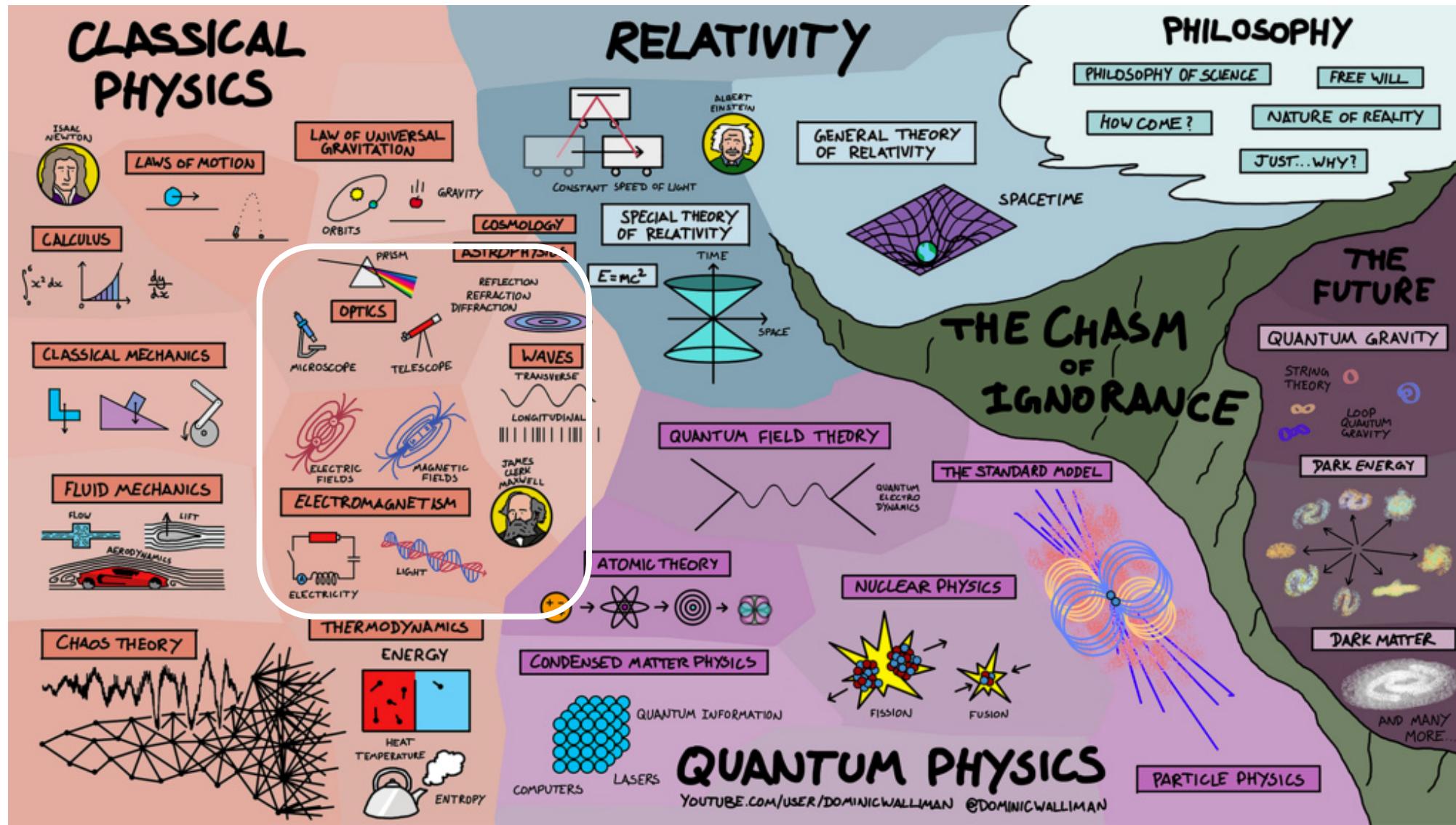
# Aulas práticas

- Exercícios seleccionados do livro Barão & Mendes
- Lista de exercícios semanais disponível na página fenix
- Os exercícios devem ser resolvidos individualmente **antes** da aula
- Aulas de revisão antes de cada teste

# Electromagnetismo e óptica: perspectiva



# Electromagnetismo e óptica: perspectiva



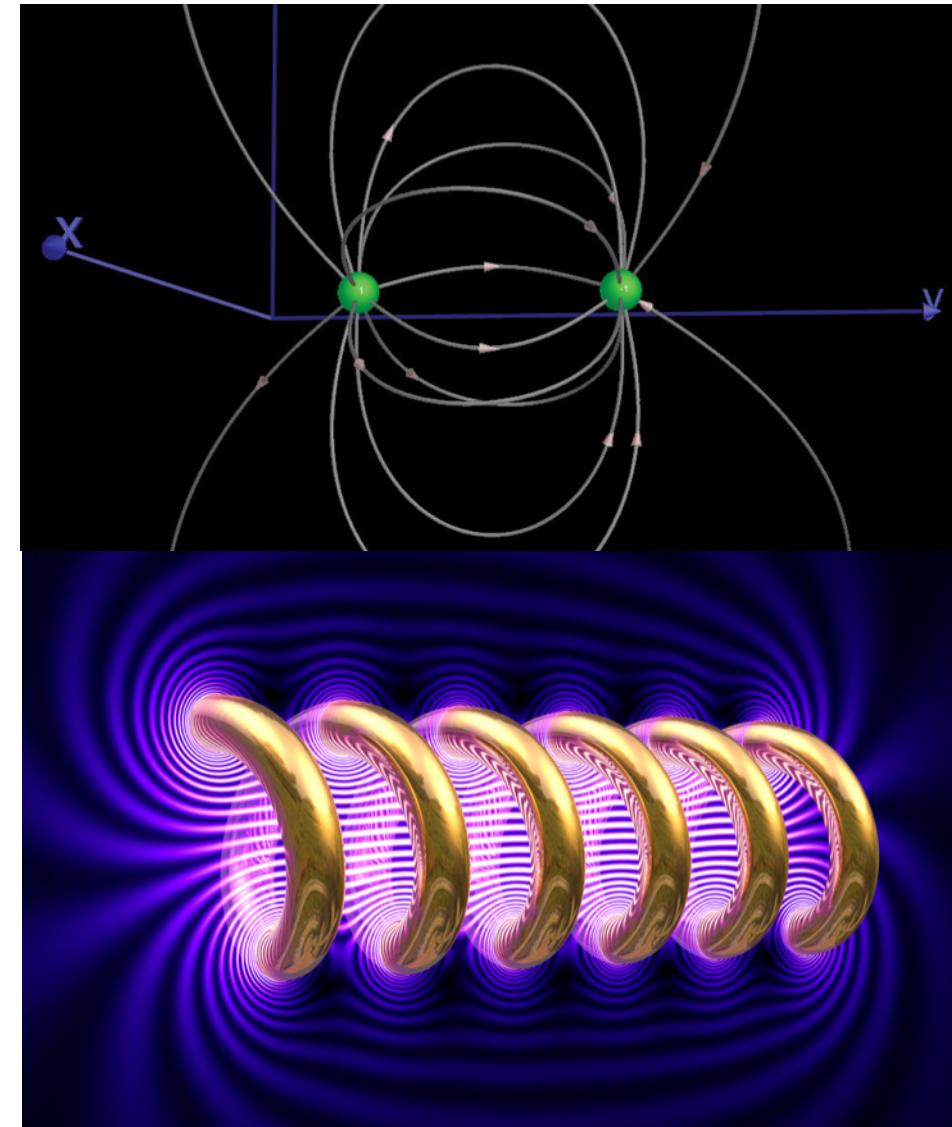
# Electromagnetismo e óptica: fundamentos

## Cargas e campos

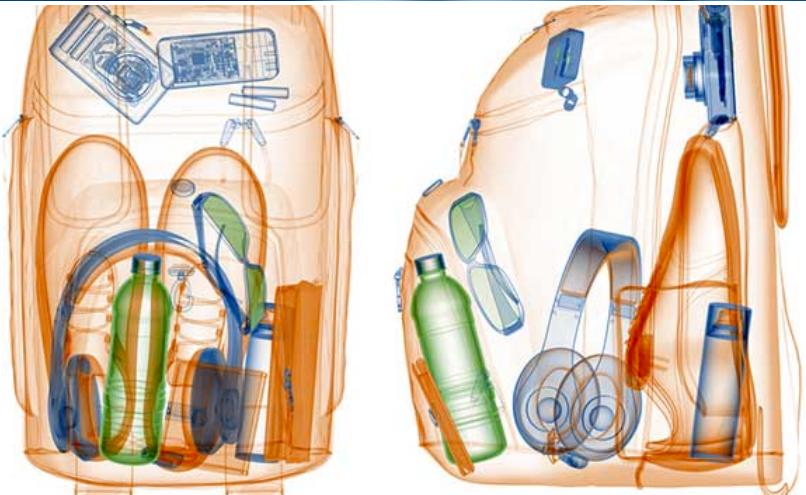
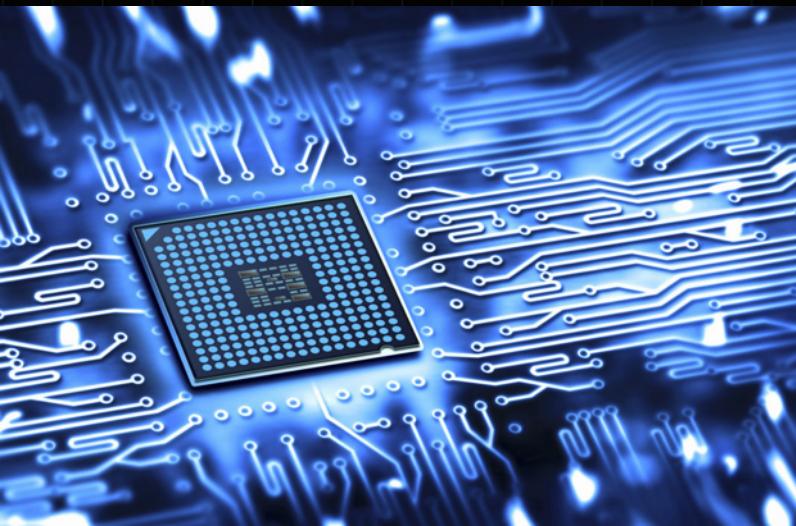
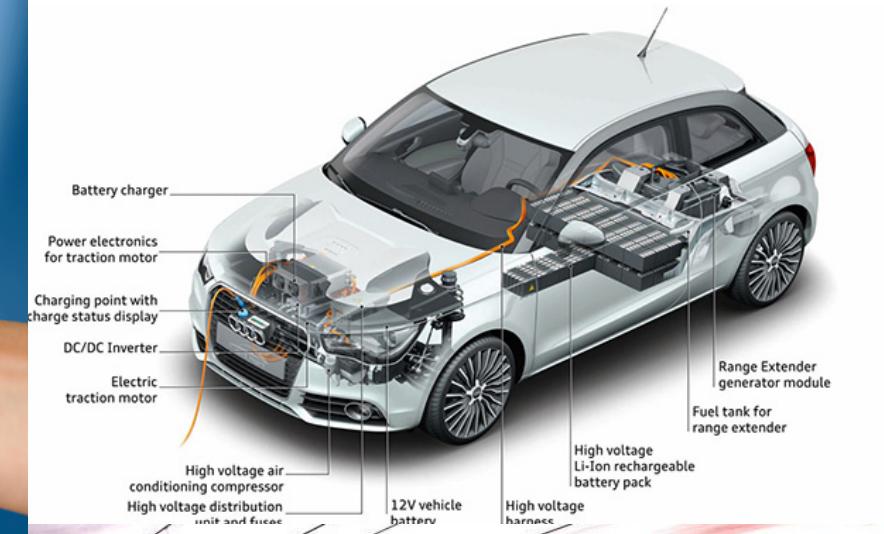
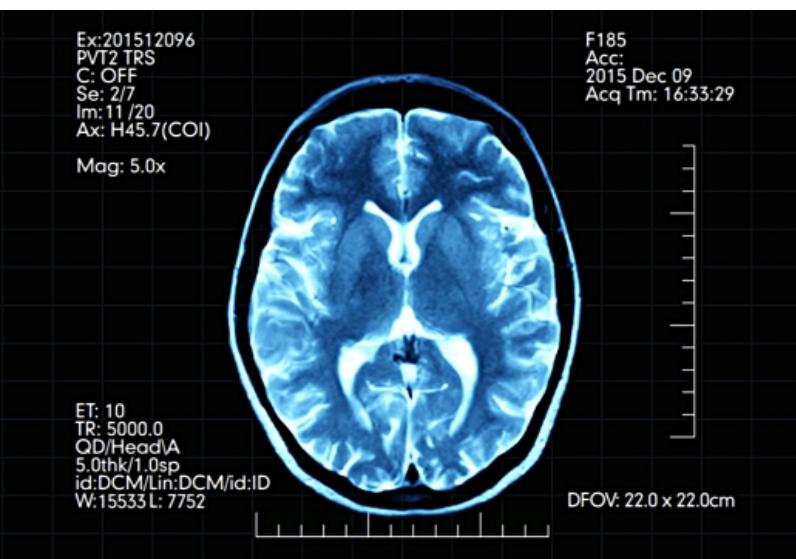
Cargas estacionárias → campos **eléctricos**

Cargas em movimento → campos **magnéticos**

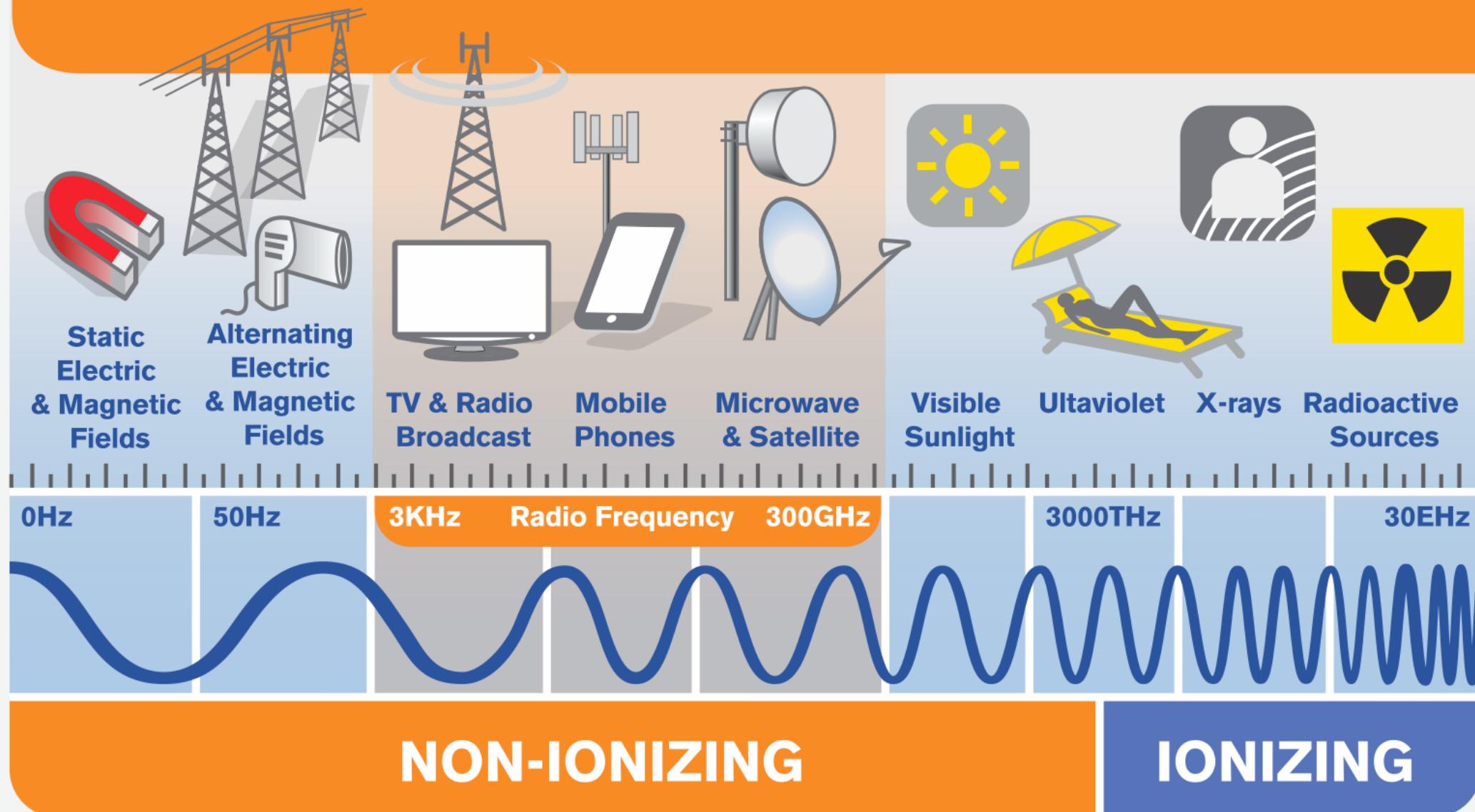
Os campos armazenam **energia** e podem propagar-se na forma de **ondas**



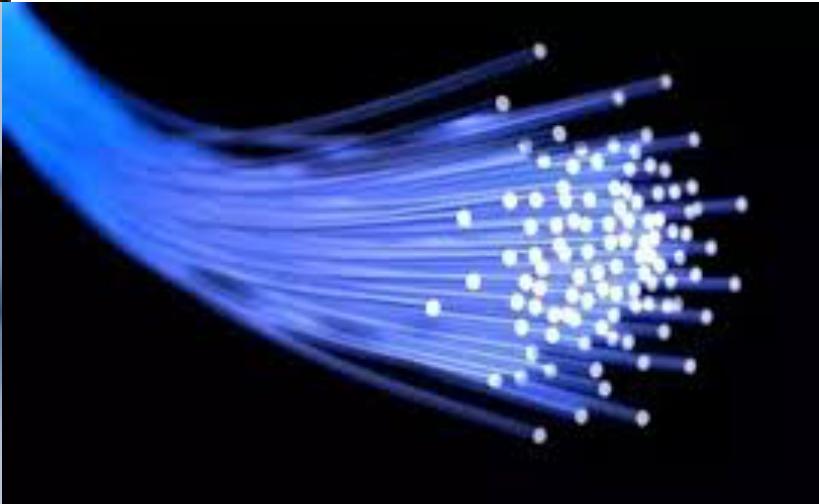
# Aplicações do electromagnetismo



# THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



# Aplicações da óptica



# Trabalho de casa

**Objectivo:** compreender visualmente

Teorema da divergência:

$$\int_V \vec{\nabla} \cdot \vec{A} dV = \oint_S \vec{A} \cdot \vec{n} dS$$

Teorema de Stokes:

$$\int_S \vec{\nabla} \times \vec{A} \cdot \overrightarrow{dS} = \oint_{\Gamma} \vec{A} \cdot \overrightarrow{dl}$$

- *Divergence and curl:* <https://youtu.be/q0cFJKQPZfo>
- *Divergence and curl: The language of Maxwell's equations, fluid flow, and more:* <https://youtu.be/rB83DpBJQsE>

# Contactos e horário de dúvidas

goncalo.figueira@tecnico.ulisboa.pt

Tel. 218 419 375

[web.tecnico.ulisboa.pt/goncalo.figueira](http://web.tecnico.ulisboa.pt/goncalo.figueira)

@ Complexo Interdisciplinar

Dúvidas: sexta-feira 10:00 – 11:30, mediante marcação