



# Projeto Final - Programação

## Força eletromagnética

Instituto Superior Técnico

Mestrado Integrado em Engenharia Física Tecnológica

Hugo Gomes\* e Madalena Nunes†

Janeiro de 2021

### Resumo

Este documento tem como objetivo explicar, com clareza e objetividade, o funcionamento do programa por nós realizado, assim como os princípios teóricos a ele inerentes.

---

\*N.º 100314; Mail: hugo.c.gomes@tecnico.ulisboa.pt

†N.º 100337; Mail: madalena.nunes@tecnico.ulisboa.pt

# Índice

<b>1</b>	<b>Conceitos Teóricos</b>	<b>4</b>
1.1	Campo elétrico e força elétrica . . . . .	4
1.2	Campo magnético e força magnética . . . . .	4
1.3	Força eletromagnética . . . . .	4
1.4	Energia cinética . . . . .	5
1.5	Energia potencial elétrica . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Programa</b>	<b>6</b>
2.1	Janelas . . . . .	6
2.1.1	Janela de simulação . . . . .	6
2.1.2	Janela de opções . . . . .	7
2.1.3	Janelas dos gráficos . . . . .	9

## Introdução

O programa da força eletromagnética calcula e representa graficamente o movimento de uma partícula de carga ' $q$ ' e massa ' $m$ ', que se desloca, no plano do ecrã, com velocidade  $\vec{v}$  a partir da posição  $\vec{r}_0$ . O campo magnético considerado é perpendicular ao plano da representação e o campo elétrico é zero na direção perpendicular ao plano da figura.

Neste programa, o utilizador pode escolher e alterar dinamicamente os valores de ' $\vec{B}$ ', ' $\vec{E}$ ', ' $q$ ', ' $m$ ', ' $\vec{v}$ ' e ' $\vec{r}_0$ ' e pode ser visualizada, em tempo real, a sua alteração. Desta forma, as alterações efetuadas nos parâmetros do sistema são imediatamente observadas na sua representação. No início, o programa inicia-se com um conjunto de valores pré-definido que funcionará como exemplo.

Além disso, é possível optar pela visualização das trajetórias ou por ver apenas o movimento da partícula.

# 1 Conceitos Teóricos

Nesta secção vão ser explicitados os conceitos e teoria que estão na base do funcionamento do programa.

## 1.1 Campo elétrico e força elétrica

Dada uma carga  $q_1$  e um ponto  $P$  a uma distância  $r$  define-se **campo elétrico** como a **força elétrica** por unidade de carga exercida sobre uma carga de prova ou teste, posicionada em  $P$ .

$$\vec{E}_{P(q_1,r)} = k \times \frac{q_1}{r^2} \vec{u}_{r,P}$$

As unidades do campo elétrico são o newton/coulomb ( $N/C$ ) ou mais habitualmente o volt/metro ( $V/m$ ).

As linhas de força elétrica geradas por  $q_1$  são radiais e dirigidas para o exterior, se  $q_1 > 0$ , ou para a origem, se  $q_1 < 0$ . Se se colocasse em  $P$  a carga  $q$ , a força elétrica a que esta carga ficaria submetida devido a  $q_1$  seria:

$$\vec{F}_{P,q(q_1,r)} = q \vec{E}$$

A direção do campo elétrico define a direção da força elétrica que surge entre duas cargas. Além disso, o campo elétrico é radial e pode apontar tanto para dentro como para fora da carga, para as cargas de sinal negativo e positivo, respetivamente.

## 1.2 Campo magnético e força magnética

O **campo magnético** é uma região do espaço onde as cargas elétricas em movimento são sujeitas à ação de uma força magnética, capaz de alterar as suas trajetórias.

A **força magnética** é o resultado da interação entre dois corpos dotados de propriedades magnéticas, como ímanes ou cargas elétricas em movimento. Ela pode ser tanto atrativa quanto repulsiva e surge em corpos eletricamente carregados e que se encontram em movimento em relação a algum campo magnético exterior. Esta força é sempre perpendicular aos vetores da velocidade do corpo e do campo magnético.

$$\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

## 1.3 Força eletromagnética

Uma carga  $q$  animada de uma velocidade  $\vec{v}$  numa região em que existe um campo de indução  $\vec{B}$  e um campo elétrico  $\vec{E}$  fica submetida a uma força de Lorentz<sup>1</sup>  $\vec{F}$  dada por:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q(\vec{v} \times \vec{B})$$

---

<sup>1</sup>Se a força for apenas de origem magnética,  $\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B})$ , pode chamar-se também de *Laplace*.

## 1.4 Energia cinética

A **energia cinética** é a energia que um corpo possui devido ao seu movimento.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

## 1.5 Energia potencial elétrica

A **energia potencial elétrica** é uma forma de energia relacionada com a posição relativa entre pares de cargas elétricas.

$$E_{PE} = qEd$$

## 2 Programa

### 2.1 Janelas

Nesta secção vão ser explicadas as funcionalidades das diferentes janelas que compõem o programa.

#### 2.1.1 Janela de simulação

Nesta janela é possível visualizar o plano de representação, a partícula e uma barra de menus.

- **Caixa de simulação**

Nesta caixa, será possível, posteriormente, ver e acompanhar o movimento da partícula no plano de representação, que inclui um eixo com centro na origem.

- **Barra de menus**

1. **Visualização<sup>2</sup>**

Neste item, o utilizador pode escolher visualizar a janela de opções em "Ver menu de opções", caso esta se encontre fechada (pelo utilizador). Além disso, podemos também optar por ver ou não: o referencial, o vetor da força, o vetor da velocidade, o vetor campo magnético, o vetor campo elétrico (aplicados na partícula) e a trajetória da partícula.

2. **Abrir gráficos**

Neste item, o utilizador pode optar por abrir as janelas dos gráficos<sup>3</sup>. As diferentes janelas dos gráficos que se podem abrir são: Janela do gráfico posição-tempo, janela do gráfico velocidade-tempo, janela do gráfico aceleração-tempo e a janela do gráfico energia (energia potencial elétrica e energia cinética).

---

<sup>2</sup>A visualização do referencial e da trajetória está inicialmente pré-definida (assim que o programa abre, visualiza-se o referencial sem opção prévia do utilizador, assim como, uma vez a partícula em movimento, a trajetória).

<sup>3</sup>As janelas dos gráficos serão explicadas na secção seguinte.

### 3. Tema

Neste item, o utilizador é livre de escolher o tema em que pretende visualizar o movimento da partícula. Poderá escolher o tema:

- **"Algodão-doce"** - um tema esteticamente mais querido, suave e adocicado.
- **"Lusco-fusco"** - um tema esteticamente mais azulado, e que suscita tranquilidade.
- **"Pôr do Sol"** - um tema esteticamente mais quente e amarelado, mais acolhedor para o utilizador e, além disso, mais benéfico para a vista (ideal para quem usa o programa antes de se ir deitar).

### 4. Sobre

Neste item, o utilizador ao clicar em "Sobre", abre uma janela onde contém uma breve explicação do programa, assim como dois botões:

- *Créditos* - onde é apresentado os nomes dos alunos que criaram o programa (Hugo Gomes e Madalena Nunes).
- *Fechar* - Fecha a janela *Sobre*.

### 5. Fechar

Neste item, o utilizador consegue fechar o programa.

#### 2.1.2 Janela de opções

Nesta janela é possível visualizar 3 estruturas: as *variáveis*, o *controlo de tempo* e o *zoom*.

- **Variáveis** <sup>4</sup>

Nesta estrutura é possível manipular diversos parâmetros relativos à partícula (objeto de estudo do programa).

#### 1. Partícula

##### (a) Posição inicial

Neste item, é possível escolher a posição da partícula, ou seja, as suas coordenadas no referencial considerado. Poder-se-á escolher a sua abcissa ( $x$ ) e a sua ordenada ( $y$ ).

---

<sup>4</sup>As unidades das variáveis foram escolhidas de forma a permitir uma boa visualização do movimento da partícula.

(b) **Velocidade inicial**

Neste item, é possível alterar o valor do ângulo que a velocidade faz com o eixo  $ox$ , em radianos. Além disso, também é possível alterar o valor da sua intensidade.

(c) **Carga**

Neste item, é possível modificar o valor da carga da partícula.

(d) **Massa**

Neste item, é possível modificar o valor da massa da partícula.

2. **Campo magnético**

Neste item, é possível mudar o sentido do campo magnético, através do botão *Sentido a apontar para dentro do ecrã* e *Sentido a apontar para fora do ecrã*.

Além disso, também é possível alterar o valor da intensidade do campo magnético.

3. **Campo elétrico**

Neste item, é possível optar pelo *campo elétrico uniforme* ou não, assim como definir as coordenadas da sua origem (a sua abcissa ( $x$ ) e a sua ordenada ( $y$ )), mudar o valor do ângulo que o campo elétrico faz com o eixo  $ox$  em *Ângulo* e alterar o valor da intensidade do campo elétrico em *Intensidade*.

• **Controlo de tempo**

Nesta estrutura, existem 3 botões: *Parar*, *Reiniciar* e *Continuar*.

1. ***Parar***

Botão pré-selecionado pelo programa, sem indicação prévia do utilizador. Este botão permite que a partícula se encontre inicialmente em repouso no plano de representação aquando da abertura do programa.

Caso se pretenda parar o movimento da partícula (uma vez em movimento), dever-se-á clicar neste botão.

2. ***Reiniciar***

Botão que, ao ser clicado, permite que a partícula retome à posição e à velocidade iniciais, estabelecidas nos itens *Posição inicial* e *Velocidade inicial*.

Permite, portanto, recomeçar o movimento, nas antigas ou nas novas condições (caso se tenha feito uma alteração nos itens *Posição inicial* e *Velocidade inicial*) da partícula.

3. ***Continuar***

Botão que permite iniciar o movimento da partícula, põe em prática o objetivo do programa.

Além disso, caso o movimento da partícula esteja previamente parado em *Parar*, dever-se-á clicar no botão *Continuar* para continuar o movimento.



- **Zoom**

Nesta estrutura é possível diminuir e aumentar o zoom, ou seja, reduzir ou ampliar a visualização do movimento da partícula. Para reduzir, dever-se-á deslocar a escala para a esquerda e para ampliar, dever-se-á deslocar a escala para a direita.

**NOTA**

À exceção dos itens **Posição inicial** e **Velocidade inicial**, a alteração dos valores ou das condições nos outros itens é automaticamente processada e visualizada aquando o movimento da partícula, caso esta se encontre em movimento no plano de representação.

### 2.1.3 Janelas dos gráficos

As janelas dos gráficos são possíveis de abrir na **barra de menus** em **Abrir gráficos**, como já se tinha referido.

Nestas janelas são apresentados os gráficos da simulação do sistema. Em cada uma delas, verifica-se uma **área de desenho** (onde será desenhado o gráfico) e uma estrutura de **opções**.

- **Abrir gráfico  $r(t)$**

Neste item, é possível abrir a janela do **gráfico posição-tempo**. Nesta, o utilizador é capaz de manipular a escala do eixo  $ox$  e a escala do eixo  $oy$  (que estão inicialmente com o valor 1,00), assim como pode optar por visualizar ou não graficamente a componente  $r_x$  e/ou a componente  $r_y$ .

- **Abrir gráfico  $v(t)$**

Neste item, é possível abrir a janela do **gráfico velocidade-tempo**. Nesta, o utilizador é capaz de manipular a escala do eixo  $ox$  e a escala do eixo  $oy$  (que estão inicialmente com o valor 1,00), assim como pode optar por visualizar ou não graficamente a componente  $v_x$  e/ou a componente  $v_y$ .

- **Abrir gráfico  $a(t)$**

Neste item, é possível abrir a janela do **gráfico aceleração-tempo**. Nesta, o utilizador é capaz de manipular a escala do eixo  $ox$  e a escala do eixo  $oy$  (que estão inicialmente com o valor 1,00), assim como pode optar por visualizar ou não graficamente a componente  $a_x$  e/ou a componente  $a_y$ .

- **Abrir gráfico  $E(t)$**

Neste item, é possível abrir a janela do **gráfico Energia-tempo**. Nesta, o utilizador é capaz de manipular a escala do eixo  $ox$  e a escala do eixo  $oy$  (que estão inicialmente com o valor 1,00), como também poderá optar por visualizar ou não os gráficos: da **energia potencial elétrica** e da **energia cinética** (inicialmente, estes gráficos estão previamente selecionados pelo programa).

# Índice

Janela de simulação, 6

Campo elétrico e força elétrica, 4

Campo magnético e força magnética, 4

Conceitos Teóricos, 4

Energia cinética, 5

Energia potencial elétrica, 5

Força eletromagnética, 4

Janela de opções, 7

Janelas, 6

Janelas dos gráficos, 9

Programa, 6

## Referências

- [1] Alfredo Barbosa Henriques e Jorge Crispim Romão. *Electromagnetismo*. IST Press, 2.<sup>a</sup> edição - 2011. ISBN 978-972-8469-45-0.
- [2] Samuel Eleutério. *Algumas Notas Básicas sobre LATEX*. Departamento de Física, IST, Universidade de Lisboa, 2008, Revisto - 2020.
- [3] Ulysses Sodré, Sonia Ferreira Lopes Toffoli, Andrielber da Silva Oliveira, *Textos Científicos com LATEX*, Departamento de Matemática, Universidade Estadual de Londrina, 2009.
- [4] Cascading Style Sheets.  
<https://developer.gnome.org/gtk3/stable/chap-css-overview.html>
- [5] GTK+.  
<https://developer.gnome.org/gtk3/stable/>
- [6] C E GTK+.  
<https://label2.tecnico.ulisboa.pt/IC/>