

**Instituto Politécnico do Porto**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Electrotécnica

**Cursos de Engenharia**

# **Forças de Origem Electrostática**

**Trabalho Laboratorial**

**Setembro de 2022**

**Baseado no original de José Puga e Judite Ferreira, 1999**

---

## 1. Aviso de Segurança

Não estabelecer contacto com as placas metálicas quando estas estiverem sob tensão nem com o lado da alta tensão do transformador.

## 2. Objectivos

Verificar a ocorrência de vibrações mecânicas audíveis e identificar as suas causas. Realizar exercícios referentes aos fenómenos observados nas experiências.

## 3. Experiência

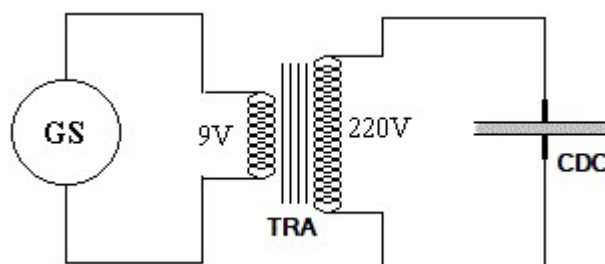
### 3.1 Oscilação das placas de um condensador

Esta experiência consiste na montagem e colocação em funcionamento de um dispositivo capaz de converter energia eléctrica em energia mecânica. Consiste em duas placas condutoras paralelas entre si e separadas por um fino dieléctrico. Mediante a aplicação de uma tensão relativamente elevada às placas, surgem forças electrostáticas consideráveis entre elas. Quando a tensão eléctrica é variável no tempo a referida força também o será. Quando existe a possibilidade de movimento relativo entre as placas sob tensão surgem movimentos que provocam deslocamentos do ar envolvente gerando ondas acústicas que podem ser audíveis.

#### Equipamento e material a utilizar:

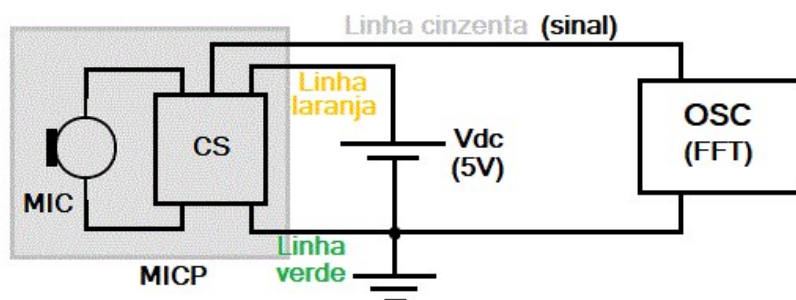
- Gerador de sinais e/ou gerador de sinal de áudio
- Transformador 220 V/9 V, 50 Hz
- Duas placas condutoras de tamanho A4
- Uma folha de papel ou uma mica

A figura 1 que se apresenta a seguir mostra as ligações do circuito correspondente ao dispositivo em estudo. O gerador de sinal está identificado por GS, o transformador elevador de tensão está identificado por TRA e as chapas paralelas separadas por um dieléctrico está identificado por CDC.



**Fig. 1 Circuito de ligação do dispositivo.**

A figura seguinte, figura 2, ilustra a montagem utilizada nesta experiência para a captação e visualização do sinal acústico. Este sinal é produzido pela vibração das placas a que se refere a figura 1 anterior. A zona marcada a cinzento é o microfone de proximidade, MICP. Este consiste num simples microfone, MIC, e um pequeno circuito de condicionamento de sinal, CS. O MICP tem 3 linhas de ligação. A linha de massa que tem a cor verde e a de alimentação positiva que tem a cor de laranja. O sinal é disponibilizado, em relação á massa na linha cinzenta. A fonte de alimentação, Vdc, alimenta o circuito CS do MICP. O bloco OSC (FFT) representa um osciloscópio com FFT, que significa Transformada Rápida de Fourier. Com a FFT será possível visualizar o espectro do sinal correspondente ao sinal acústico produzido durante a experiência.



**Fig. 2 Captação e visualização do sinal acústico.**

Para realizar a montagem, coloque uma chapa metálica paralelamente à outra. Separe-as por uma fina folha de papel ou mica que vai funcionar como dielétrico. Ligue o transformador como elevador de tensão, isto é, o lado dos 9 V liga ao gerador de sinal e os dois terminais do lado dos 220 V ligam um a cada uma das placas metálicas.

Coloque o microfone de proximidade MICP no centro da chapa superior com os orifícios virados para baixo, isto é, para o lado da chapa. Alimente o MICP com uma tensão de 5 V ou 6 V e ligue a linha de sinal a um dos canais do osciloscópio. Aceda ao módulo de matemática que esta identificado no osciloscópio por MATH. Seguidamente, no módulo MATH, seleccionando a opção FFT e associe-a ao canal do osciloscópio a que ligou a linha de sinal proveniente do MICP.

---

Para observar o fenómeno, ligue o gerador de sinal e coloque o nível de saída no máximo. Seguidamente coloque a forma de onda em sinusoidal com frequência de aproximadamente 1,5 kHz. Coloque o ganho vertical do canal que escolheu no osciloscópio em 20 mV/div. Afaste e aproxime sucessivamente o MICP da chapa em que o pousou. Como resultado, quando afasta o microfone das chapas, deve visualizar uma descida acentuada da magnitude do sinal. Com isto é pretendido ter a certeza que o sinal que visualiza no osciloscópio é referente à onda acústica e não a nenhuma interferência.

Faça variar a frequência do sinal do gerador e determine, aproximadamente, quais os limites inferior e superior para os quais o sinal sonoro é audível. Realize também as correspondentes leituras das frequências e magnitudes do espectro apresentado pela FFT.

Para o sinal de frequência de 1 kHz, compare o som que ouve para as formas de onda sinusoidal e quadrada. Analise o espectro e identifique a presença de harmónicos, realizando a leitura das respectivas frequências e magnitudes.