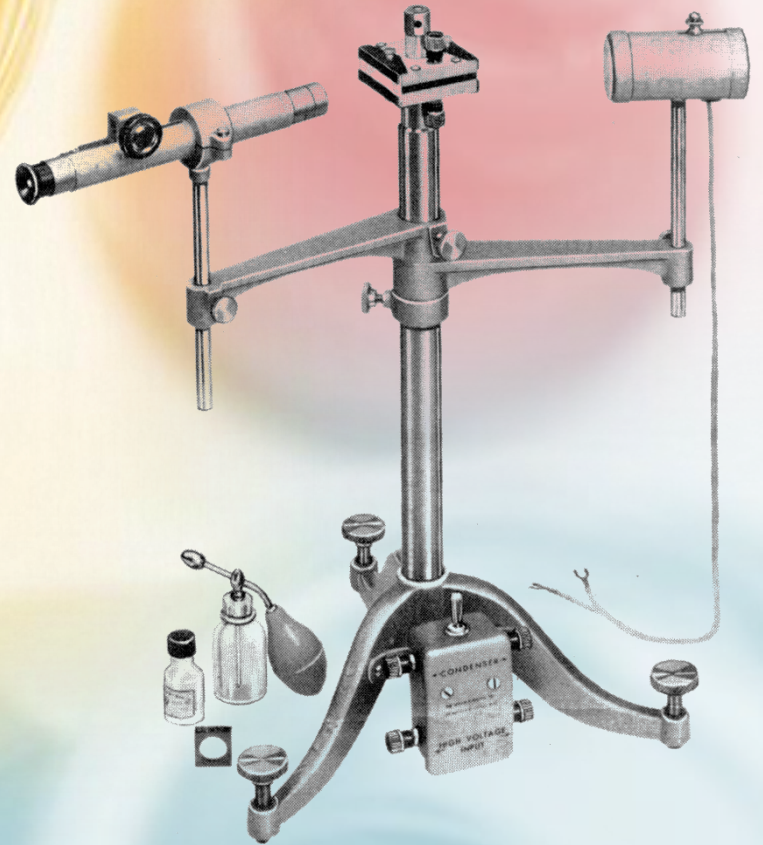


AULA 2

Nilberto H. Medina

IFUSP 2011

medina@if.usp.br



OBJETIVOS

Verificar a natureza quântica da carga elétrica

Determinar a carga do elétron

Analisar o método de medida

Identificar os fatores experimentais que interferem na experiência

Aula 1 — Procedimento experimental

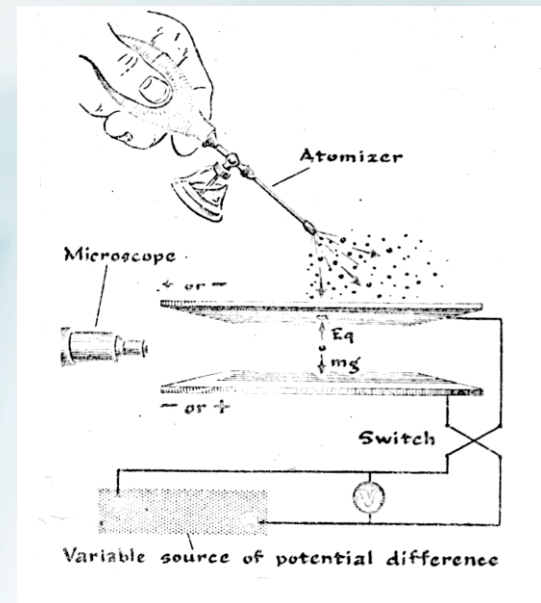
Tomada de dados

Aula 2 — Análise de dados (incertezas)

Tomada de dados

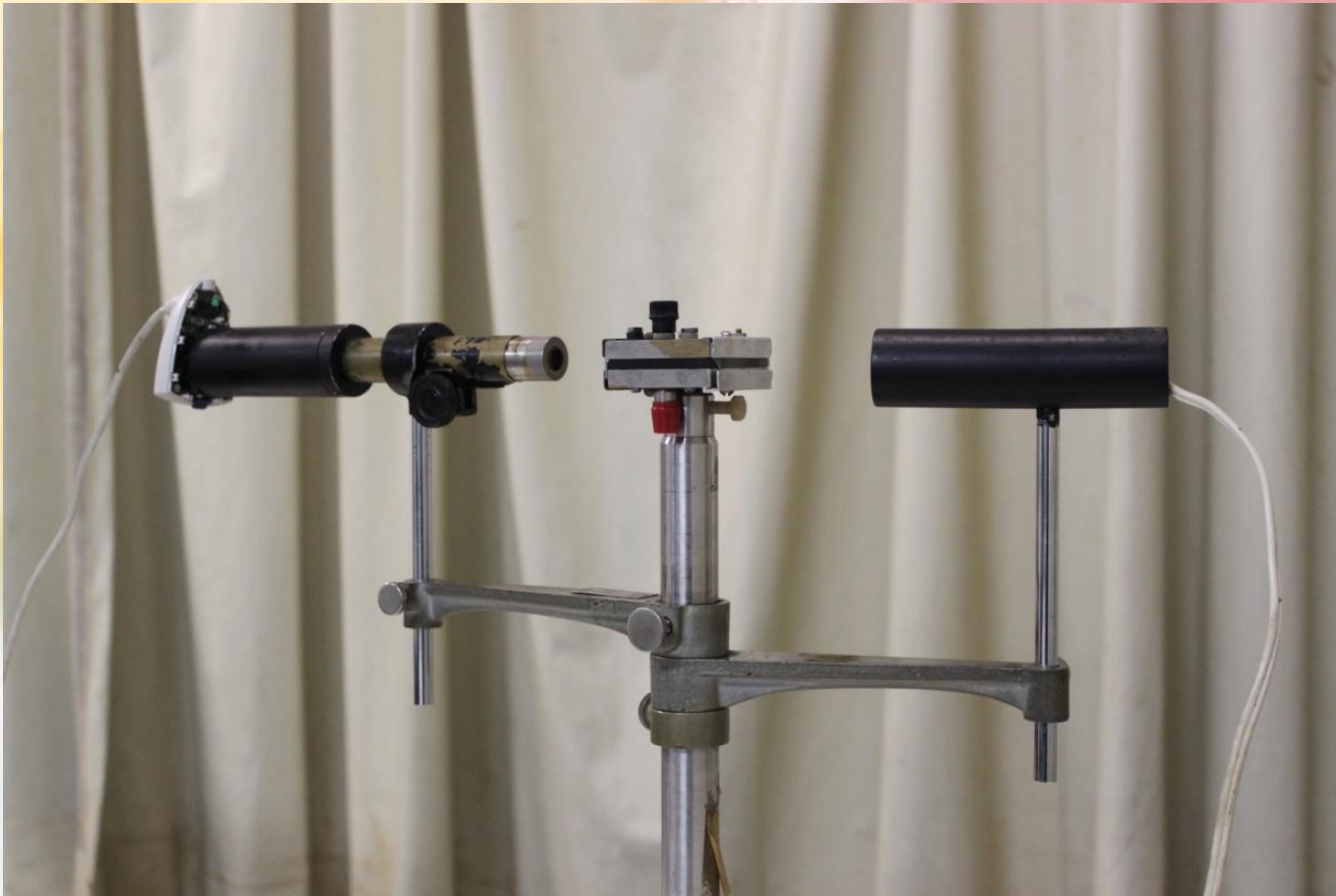
Aula 3 — Artigo científico (relatório)

Tomada de dados

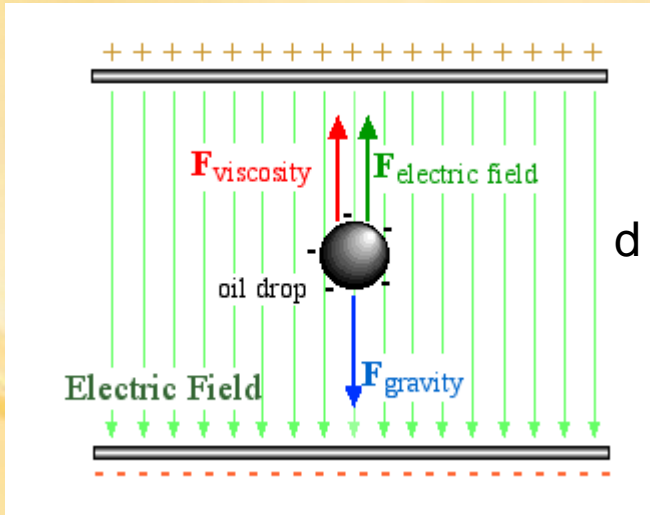


O EXPERIMENTO

Observação do movimento de gotas de óleo sob a influência de um campo elétrico



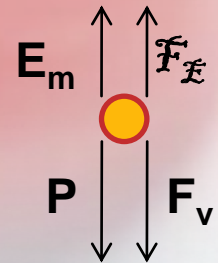
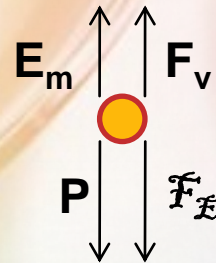
ANÁLISE DO MOVIMENTO DAS GOTAS DE ÓLEO



descida

$$F_v = -6\pi\eta av$$

subida



$$m_{gota}g - m_{ar}g - 6\pi\eta av_d + qE = 0$$

$$\frac{4}{3}\pi a^3 \rho_o g - \frac{4}{3}\pi a^3 \rho_{ar} g - 6\pi\eta av_d + qE = 0$$

$$a^2 = \frac{9}{4}\eta \frac{(v_d - v_s)}{g(\rho_o - \rho_{ar})}$$

$$q = \frac{3\pi\eta a(v_s + v_d)}{E}$$

$$E = \frac{V}{d}$$

$$\frac{4}{3}\pi a^3 (\rho_o - \rho_{ar})g - 6\pi\eta av_d + qE = 0$$

$$\frac{4}{3}\pi a^3 (\rho_o - \rho_{ar})g + 6\pi\eta av_s - qE = 0$$

$$q = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$q = 4,803 \times 10^{-10} \text{ statC}$$

$$1V = 1/300 \text{ statV (CGS)}$$

CUIDADOS EXPERIMENTAIS

$$\rho_{\text{oleo}} = 0,848(3) \text{ g/cm}^3$$

Desmontar o capacitor e fazer uma limpeza com álcool isopropílico

Montar o capacitor. Verificar alinhamento e nivelamento das placas. Medir a distância d .

Verificar a altura da câmara. Fazer as ligações elétricas apropriadas.

Usar o fio de cobre para focalizar e ajustar o contraste do video.

A iluminação é muito importante ! Fio deve estar bem brilhante.

Usar programa *webcam control* para as filmagens (30 q/s inicialmente e 4 q/s para aquisição)

Aplicar o campo em uma direção e em outra direção para selecionar as gotas de interesse.

Estimar o tamanho das gotas a serem estudadas (gotas da ordem de $5 \times 10^{-5} \text{ cm}$ ou $0,5 \mu\text{m}$).

As gotas de interesse devem ser as que têm menores cargas e menores raios.

Com $V=0\text{V}$ as gotas mais leves (**menores**) caem mais devagar. (Lembrem-se do experimento de Física Experimental II)

Tomar cuidado com gotas muito pequenas devido ao Efeito Browniano.

Aplicar campos elétricos mais intensos. Não borrifar muito óleo.

Fazer uma foto, com a mesma focalização do **PADRÃO**. Usar papel branco na parte traseira.

Durante as medidas tampar os 3 furos do capacitor e possíveis aberturas. **Deslizar a moeda.**

Evitar falar próximo ao equipamento, não se movimentar muito na sala, cuidado ao abrir e fechar a porta, etc.

Cada grupo deve fazer o estudo de no mínimo 30 gotas durante as três aulas.

INFORMAÇÕES IMPORTANTÍSSIMAS:

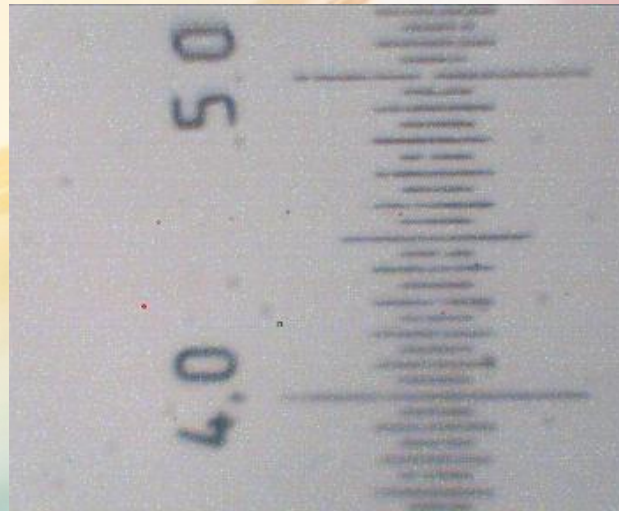
CALIBRAÇÃO COM O PADRÃO, TENSÃO APLICADA, DISTÂNCIA ENTRE AS PLACAS, TEMPERATURA E PRESSÃO.

ANÁLISE DAS TRAJETÓRIAS



Programa VideoPoint 2.5

Usar a imagem do padrão feita com o programa webcam control para transformar a velocidade em mm/s



- **Fazer o cálculo de pelo menos uma gota (carga e raio) antes de registrar dezenas de vídeos.**
- Enviar ao professor um arquivo Excel com as seguintes informações, em colunas diferentes:
tensão aplicada, L(cm), L(pix), V_s e V_d em pixels/seg

DISCUSSÃO SOBRE AS INCERTEZAS

Carga elétrica

$$q = \frac{3\pi\eta a(v_s + v_d)}{E}$$

$$E = \frac{V}{d}$$

Raio da gota

$$a^2 = \frac{9}{4} \eta \frac{(v_d - v_s)}{g(\rho_o - \rho_{ar})}$$

CORREÇÃO PARA O RAIOS DA GOTA

$$a^2 = \frac{9}{4} \eta \frac{(v_d - v_s)}{g(\rho_o - \rho_{ar})}$$

$$b = 6,17 \times 10^{-4} \text{ (cm de Hg) cm}$$
$$P \sim 70 \text{ cmHg}$$

$$\eta = \eta_o \left(1 + \frac{b}{Pa} \right)^{-1}$$

Raio da gota a(cm)	Fator de correção $1/(1+(8,8 \times 10^{-6}/a))$
10^{-3} cm (10 μ m)	0,991
10^{-4} cm (1,0 μ m)	0,919
10^{-5} cm (0,1 μ m)	0,532
10^{-6} cm (0,01 μ m)	0,102

Valores de η_0 podem ser extraídos do gráfico da apostila do experimento de Millikan

$$\rho_{oleo} = 0,848(3) \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{ar} = 1,2929 \left(\frac{273,13}{T} \right) \left[\frac{B - 0,3783e}{760} \right] \frac{mg}{cm^3}$$

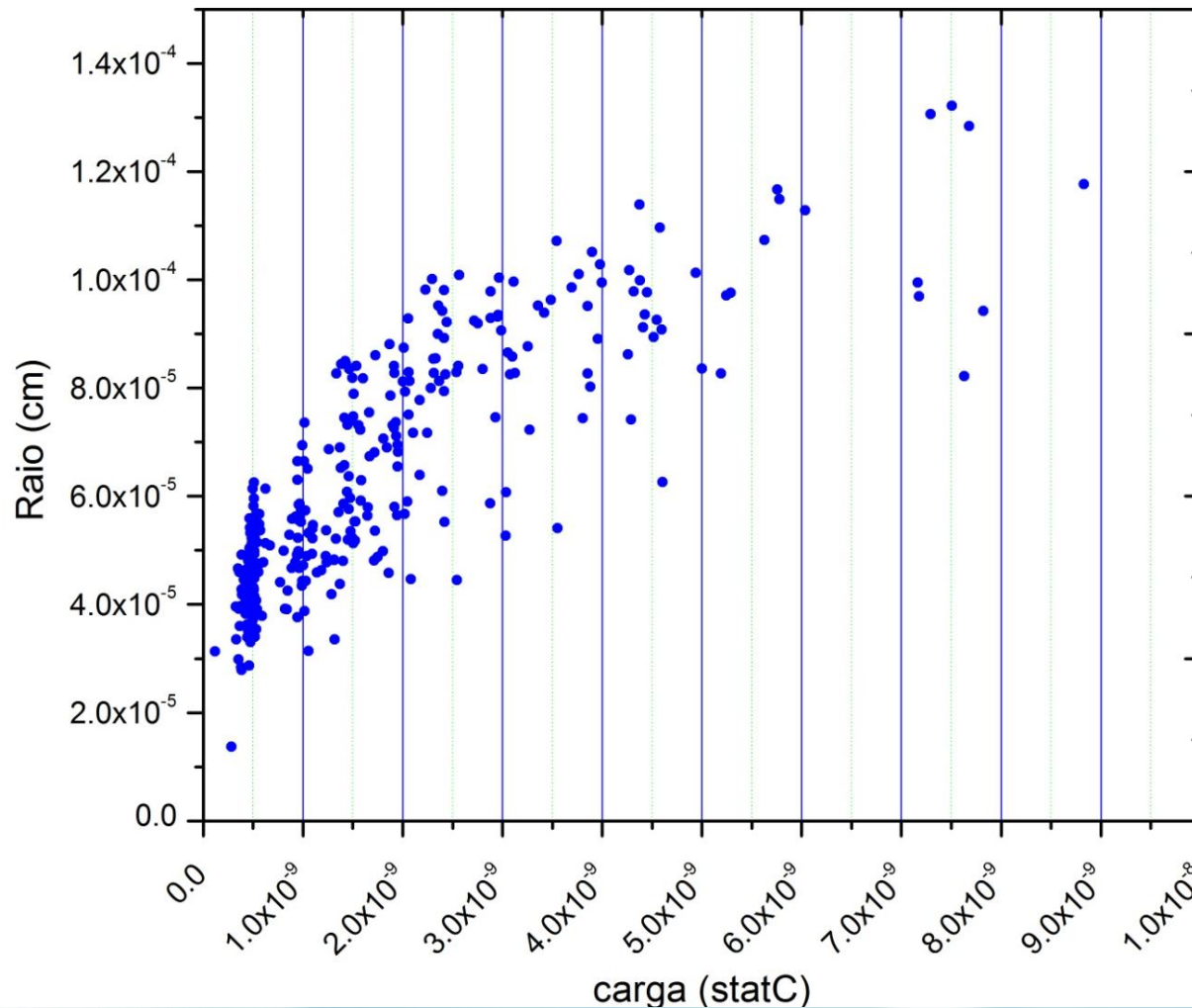
**Medidas com o higrômetro,
barômetro e termômetro**

Vide as tabelas I, II e IV da apostila do experimento

COMENTÁRIOS EXPERIMENTAIS

- Proposta: medir q mínimo (quantizado)
 - Imagine se a incerteza for da ordem de 5% e $q=100$
 - Logo você vai ter $q=(100\pm 10)e$
 - Muito difícil de se verificar a quantização da carga
 - Caso você tenha $q=(1,0\pm 0,1)e$
 - A quantização pode ser verificada mais facilmente

CARGA EM FUNÇÃO DO RAIÃO DA GOTA

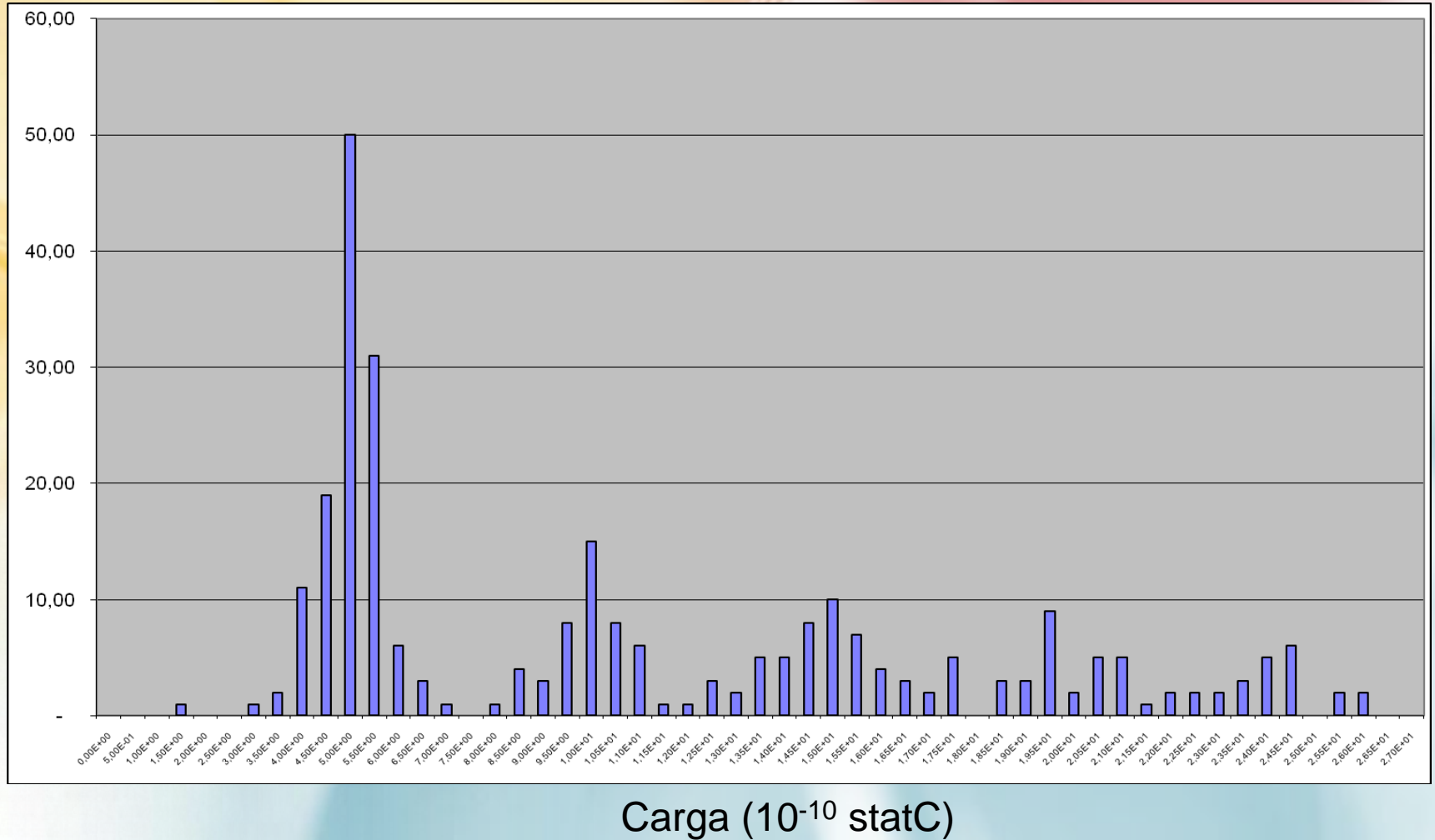


$$q = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

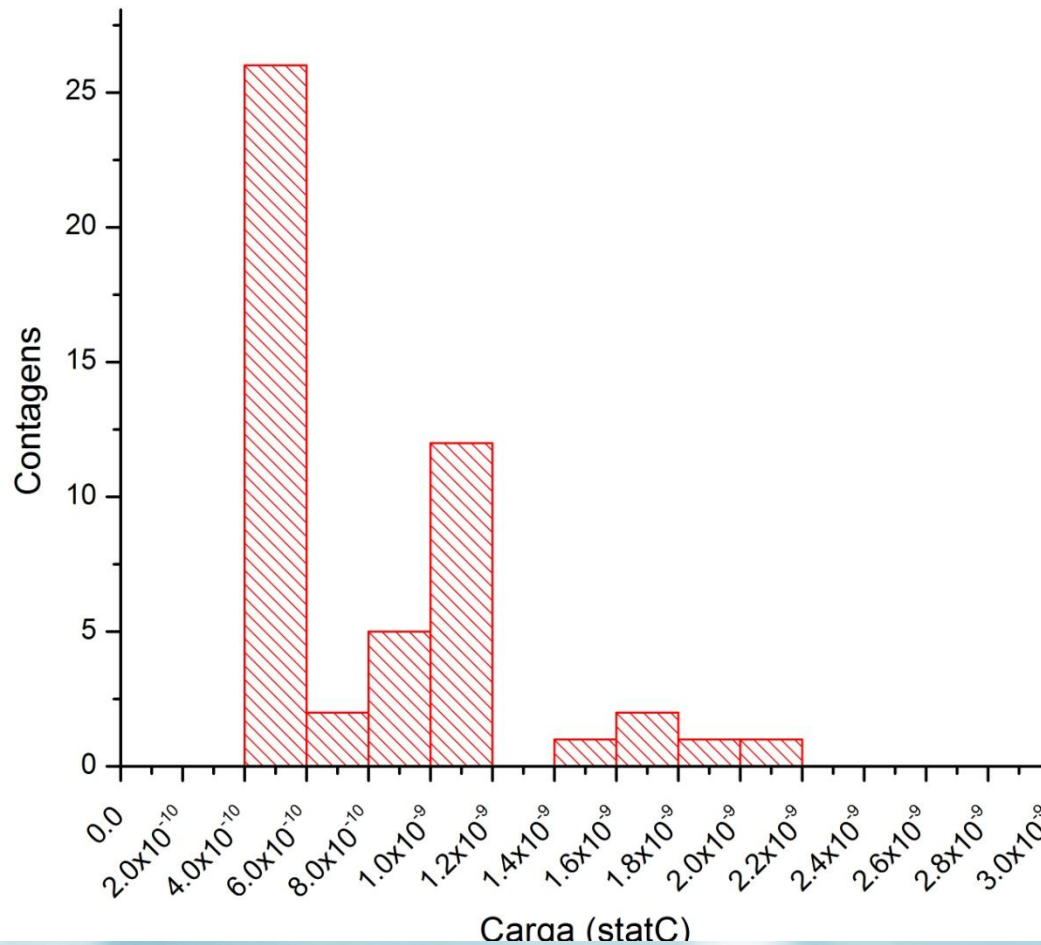
$$q = 4,803 \times 10^{-10} \text{ statC}$$

HISTOGRAMA

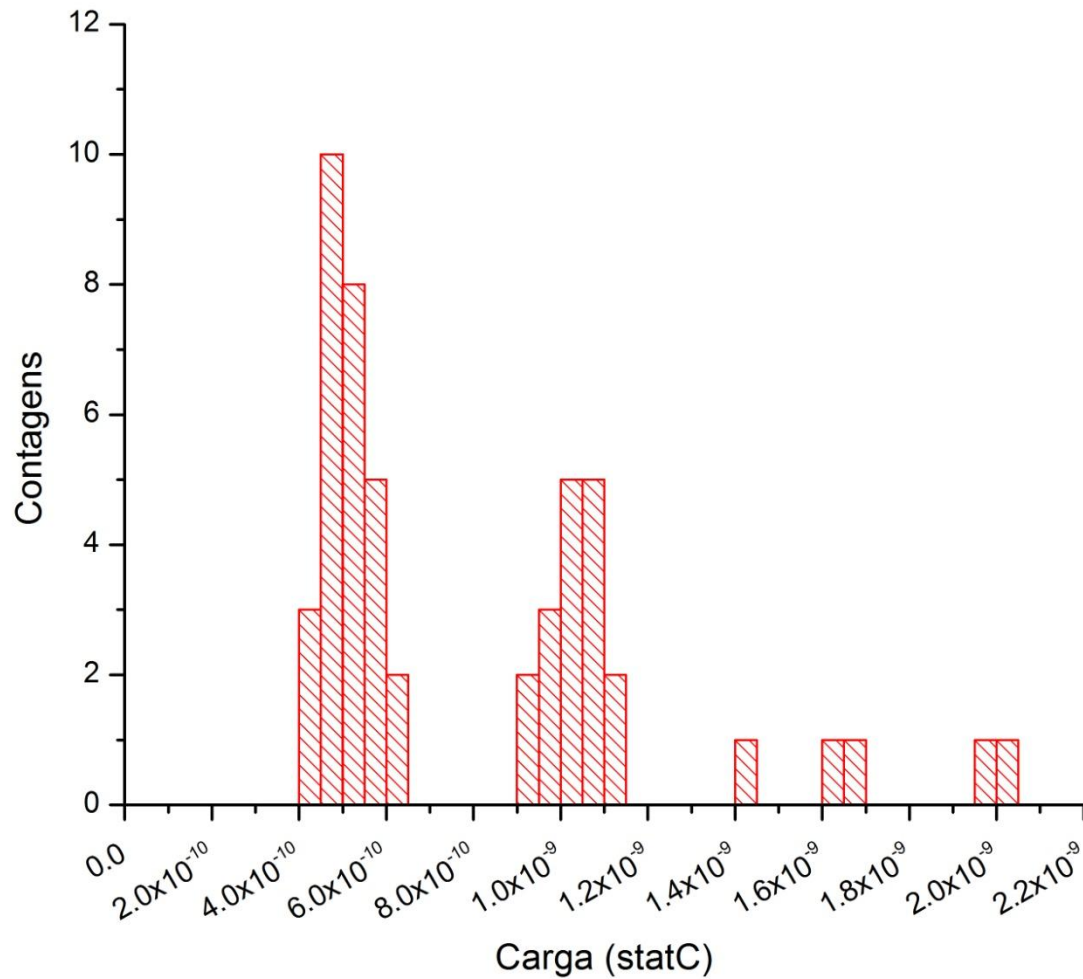
contagens



ESTUDO DA QUANTIZAÇÃO DA CARGA



ESCOLHA MAIS APROPRIADA DO INTERVALO (BIN)



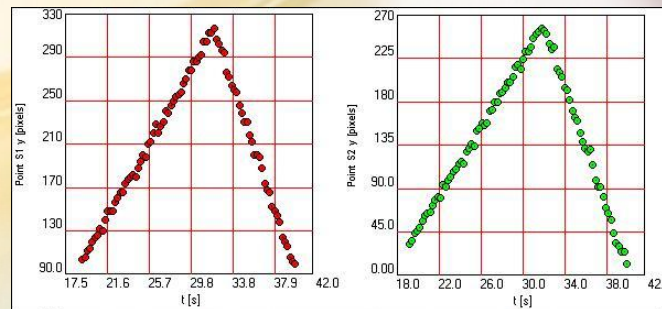
ANÁLISE DOS DADOS

É melhor escolher poucas gotas, com poucas cargas ($n=1, 2$ e 3) do que fazer centenas de vídeos.

Inicialmente vocês devem calcular q e n para algumas gotas.

Fazer o gráfico de velocidade subida em função da velocidade de descida.

A medida das velocidades não precisa ser feita “quadro a quadro”



Fazer o gráfico do valor da carga (q) média em função do número de cargas (n)

Estudar a dependência do processo de ionização.

Fazer o gráfico de q em função do raio (expoente no papel di-log)

Verificar a posição da gota em x . Pode ser que o capacitor não esteja alinhado.

Discutir o critério da escolha da região para o ajuste das gaussianas