

Relatório 01: Distribuição de Potencial e Campo Elétrico

Ana Letícia Pereira - RA 119065
 Milena Lumi Hangai - RA 184654
 Rafael Picasso Tóth - RA 223706
 Tomás Conti Loesch - RA 224991

1. AFIRMAÇÃO DE HONESTIDADE

A equipe declara que este relatório que está sendo entregue foi escrito por ela e que os resultados apresentados foram medidos por ela durante as aulas de F 329 no 2S/2020. Declara ainda que o relatório contém um texto original que não foi submetido anteriormente em nenhuma disciplina dentro ou fora da Unicamp.

2. INTRODUÇÃO

O experimento 1 tem como objetivo estudar situações da eletrostática como as distribuições de potencial elétrico e de campo elétrico através das situações Efeito de "Ponta" e Efeito de "Gaiola de Faraday", em condutores estendidos. Os vídeos-experimentos disponíveis fornecem dados a respeito de 3 situações diferentes: placas paralelas sem perturbação, placas paralelas com ponta e placas paralelas com aro.

Para as placas paralelas sem perturbação, é esperado um gráfico de equipotenciais com faixas quase paralelas, sendo que quanto mais próximo a placa positiva, maior é o potencial medido. Portanto, espera-se também que haja um campo elétrico próximo a um constante e homogêneo, com vetores perpendiculares às curvas equipotenciais.

Para as placas paralelas com ponta, é esperado um gráfico semelhante ao caso anterior, porém quanto mais próximo à ponta espera-se que as curvas equipotenciais se intensifiquem devido a tendência de acúmulo de cargas no obstáculo (ponta). Logo, o campo elétrico para tal situação deve apresentar um módulo maior que o da situação anterior.

Por fim, para a situação de placas paralelas com aro, espera-se um gráfico de equipotenciais semelhante às outras situações, também com o potencial maior quando próximo a placa positiva. Entretanto, como temos um condutor (aro), teoricamente as cargas devem se depositar em sua superfície externa, fazendo com que em sua região interna, haja uma distribuição de potencial aproximadamente constante e portanto, um campo elétrico nulo. Já para a região externa do aro, é esperado um comportamento semelhante às equipotenciais assim como no caso das placas paralelas sem perturbação.

Devido aos condutores utilizados serem finitos, é esperado também que em todas as situações, haja uma distorção destes valores nas extremidades da placa devido ao efeito de borda.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do vídeo-experimento, foi utilizado uma cuba com um papel milimetrado impermeabilizado no fundo, uma solução condutora de sulfato de cobre (Cu_2SO_4), dois eletrodos polarizados, uma fonte de tensão gerando $(2,000 \pm 0,005) V$ de ddp e uma pequena corrente, um voltímetro ligado a uma ponteira para a medição dos potenciais, uma ponta e um aro. Para a montagem deste relatório, foi utilizado o programa Python e JupyterLab para a plotagem de gráficos das curvas equipotenciais e os vetores do campo elétrico associado a cada caso. Além disso, também foi utilizado um software simulador de potencial e campo elétrico disponibilizado através da plataforma Moodle da disciplina para melhor compreensão do funcionamento do campo elétrico em cada uma das situações.

Após a leitura do roteiro, o grupo organizou um banco de dados com os valores das posição da ponteira e sua respectiva tensão lida no voltímetro. Também foi organizado os valores para o eixo de simetria, dado no quarto vídeo-experimento, para uma melhor precisão dos gráficos. Então, com o auxílio do Python, foi possível criar gráficos para as equipotenciais nos casos analisados. Tendo esses dados, foi possível também calcular o campo elétrico através da fórmula $|E| = -\frac{dV}{ds} = -\frac{(V_f - V_i)}{(s_f - s_i)}$ (melhor explicada no tópico 7. EQUAÇÕES). É importante ressaltar que os pontos utilizados para calcular o campo elétrico em cada uma das situações foram de preferência pontos localizados no centro da cuba, para que o efeito de borda seja minimizado ao máximo.

4. RESULTADOS E CONCLUSÃO

4.1. PLACAS PARALELAS SEM PERTURBAÇÃO

Ao analisar os dados obtidos pelo vídeo-experimento e utilizando a equação 1, percebemos que o campo elétrico é quase constante em toda a extensão da cuba nessa situação, exceto para as extremidades, que estão sob efeito de borda, logo, o módulo do campo é maior. Utilizando os pontos (12, 11), (12, 13) e (16, 15), (16, 9), obtemos um valor de $|E| \approx (0,2 \pm 0,006) \text{ V/cm}$ e $|E| \approx (0,2 \pm 0,002) \text{ V/cm}$ respectivamente.

Ademais, como mostra o gráfico 1, percebemos as curvas equipotenciais desta situação se apresentam de forma semelhante a retas paralelas, cumprindo com o esperado citado na introdução.

4.2. PLACAS PARALELAS COM PONTA

Na situação de placas paralelas com ponta, encontramos valores para o módulo do campo elétrico desde $|E| = (0,001 \pm 0,0003) \text{ V/cm}$ (utilizando os pontos (20, 19) e (24, 19) na equação 1) até $|E| \approx (0,22 \pm 0,0007) \text{ V/cm}$ (utilizando os pontos (12, 19) e (12, 2) na equação 1). Diante disso, podemos perceber a intensificação do campo conforme nos aproximamos da ponta. Além disso, nota-se a distorção das curvas equipotenciais nas regiões mais próximas à ponta, como visto no gráfico 2.

Logo, a intensificação do módulo do campo elétrico e das curvas equipotenciais cumprem o que o grupo esperava, como citado na introdução.

4.3. PLACAS PARALELAS COM ARO

Por fim, para analisar a situação de placas paralelas com aro, vamos dividir em 2 situações: região dentro do aro e região fora do aro.

Para a região dentro do aro, com os dados obtidos no vídeo-experimento, encontramos um campo elétrico reduzido, porém não nulo, indo contra o que era esperado pelo grupo. Entretanto, acredita-se que o valor do campo encontrado se deve às incertezas associadas ao experimento. Encontramos um valor de $|E| = (0,0006 \pm 0,00024) \text{ V/cm}$ (utilizando os pontos (14,11) e (9, 11) na equação 1).

Para a região externa ao aro, encontramos valores para o campo elétrico de $|E| = (0,131 \pm 0,004) \text{ V/cm}$ (utilizando os pontos (13, 13) e (13, 15) na equação 1).

O gráfico 3 representa o fenômeno estudado da Gaiola de Faraday. Percebe-se que há uma distorção das curvas equipotenciais onde o aro está localizado, mantendo um potencial constante na região interna a ele. Na região externa, o gráfico já apresenta uma certa similaridade ao gráfico 1.

5. INCERTEZAS

Neste experimento, a princípio, temos as incertezas sobre o aparelho utilizado para a medição de tensão (voltímetro), sobre o papel milimetrado impermeabilizado colocado no fundo da cuba e sobre a ponteira.

Os valores para a incerteza do voltímetro estão disponíveis no manual do multímetro, disponibilizado na plataforma da disciplina.

Como o volume da ponteira é relevante, e pode pegar dois pontos simultaneamente, sua incerteza deve ser levada em conta junto com a incerteza do papel milimetrado e sua paralaxe.

Temos também a incerteza sobre o campo elétrico, que será obtido através da propagação das incertezas relacionadas aos potenciais e as distâncias, oriundas da equação (1).

6. EQUAÇÕES

Considerando que o experimento ocorre em uma região do espaço sem variações consideráveis do campo elétrico, podemos utilizar a seguinte fórmula para calcular o módulo do campo elétrico:

$$|E| = -\frac{dV}{ds} = -\frac{(V_f - V_i)}{(s_f - s_i)} \quad (1)$$

Para a propagação de incerteza do campo elétrico:

$$u_E^2 = \left(-\frac{V}{s^2}\right)^2 \cdot u_s^2 + \left(\frac{1}{s}\right)^2 \cdot u_V^2 \quad (2)$$

7. FIGURAS E TABELAS

Para o voltímetro:

Incerteza da calibração ($u_{c.v.}$)	Incerteza da leitura (u_l)	Incerteza combinada ($u_{comb.v.}$)
$u_{c.v.} = \frac{(0,003 \cdot V + 0,002)}{\sqrt{3}}$	$u_{l.v.} = \frac{0,001}{2\sqrt{3}} = 0,0003$	$u_{comb.v.} = \sqrt{u_{c.v.}^2 + u_{l.v.}^2}$

* V é o valor da tensão medida

Tabela 1: fórmulas utilizadas para o cálculo das incertezas relacionadas ao voltímetro.

Para o papel milimetrado:

Incerteza do papel ($u_{p.m.}$)	Paralaxe (u_p)	Incerteza combinada ($u_{comb.p.}$)
$u_{p.m.} = \frac{0,1}{2\sqrt{6}} = 0,02$	$u_p = \frac{0,2}{2\sqrt{3}} = 0,06$	$u_{comb.p.} = \sqrt{u_{p.m.}^2 + u_p^2} = 0,06$

Tabela 2: fórmulas utilizadas para o cálculo das incertezas relacionadas ao papel milimetrado impermeabilizado utilizado no fundo da cuba

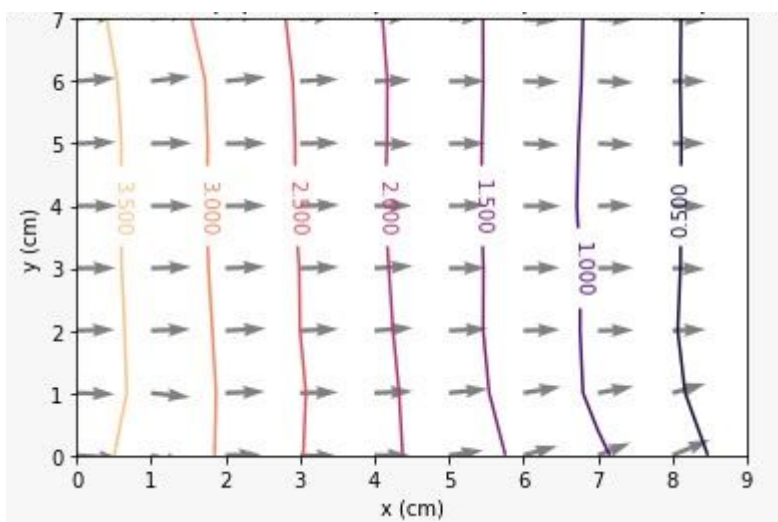


Gráfico 1: curvas equipotenciais e vetor campo elétrico na situação de barras paralelas sem perturbação

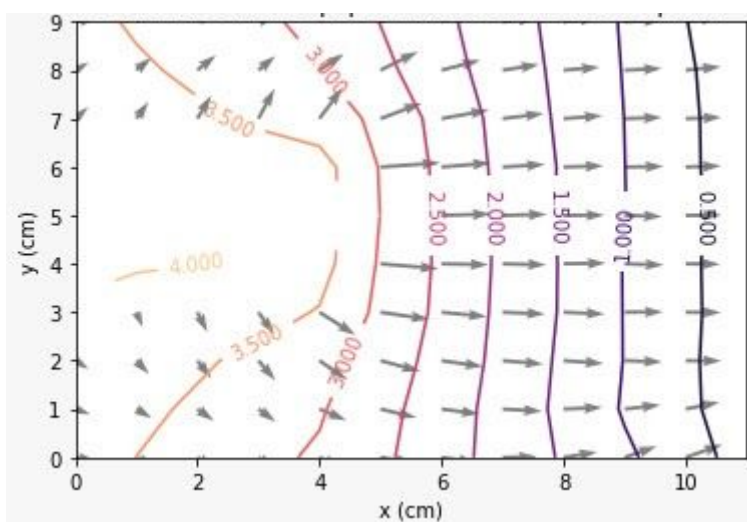


Gráfico 2: curvas equipotenciais e vetor campo elétrico sob efeito de “ponta”

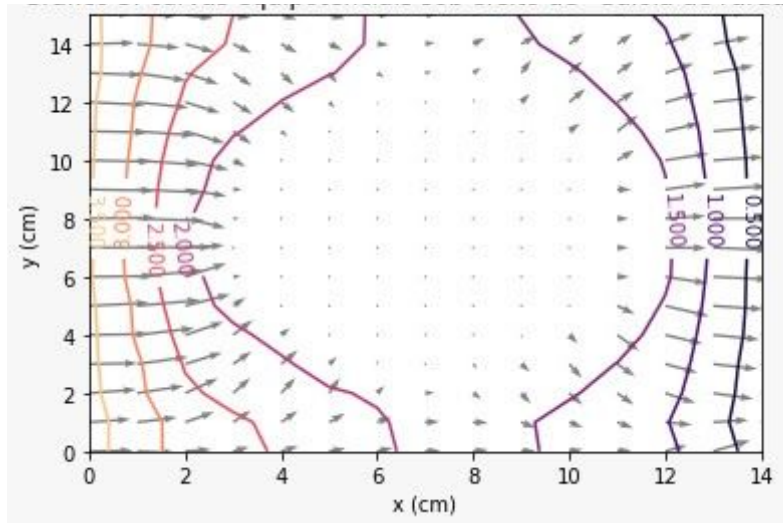


Gráfico 3: curvas equipotenciais e vetor campo elétrico sob efeito de "Gaiola de Faraday"

8. SIMULAÇÃO DE POTENCIAL E CAMPO ELÉTRICO

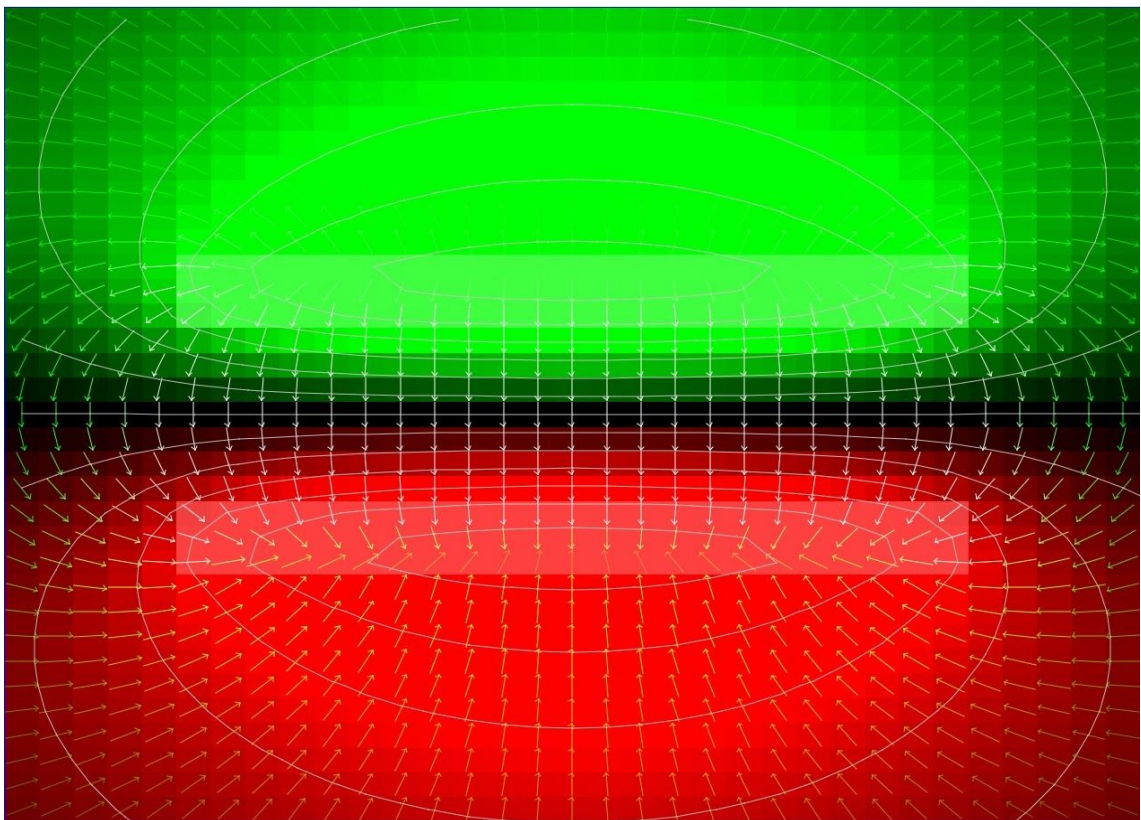


Figura 1: simulação para placas paralelas

Na figura 1, pode-se observar o campo elétrico através dos vetores e o potencial através das cores verde e vermelho, que representam positivo e negativo respectivamente. Nota-se que, para a placa negativa, o campo elétrico aponta para o centro, porém o mesmo não acontece na placa positiva, cujo campo elétrico está no sentido inverso, ou seja, do centro para fora.

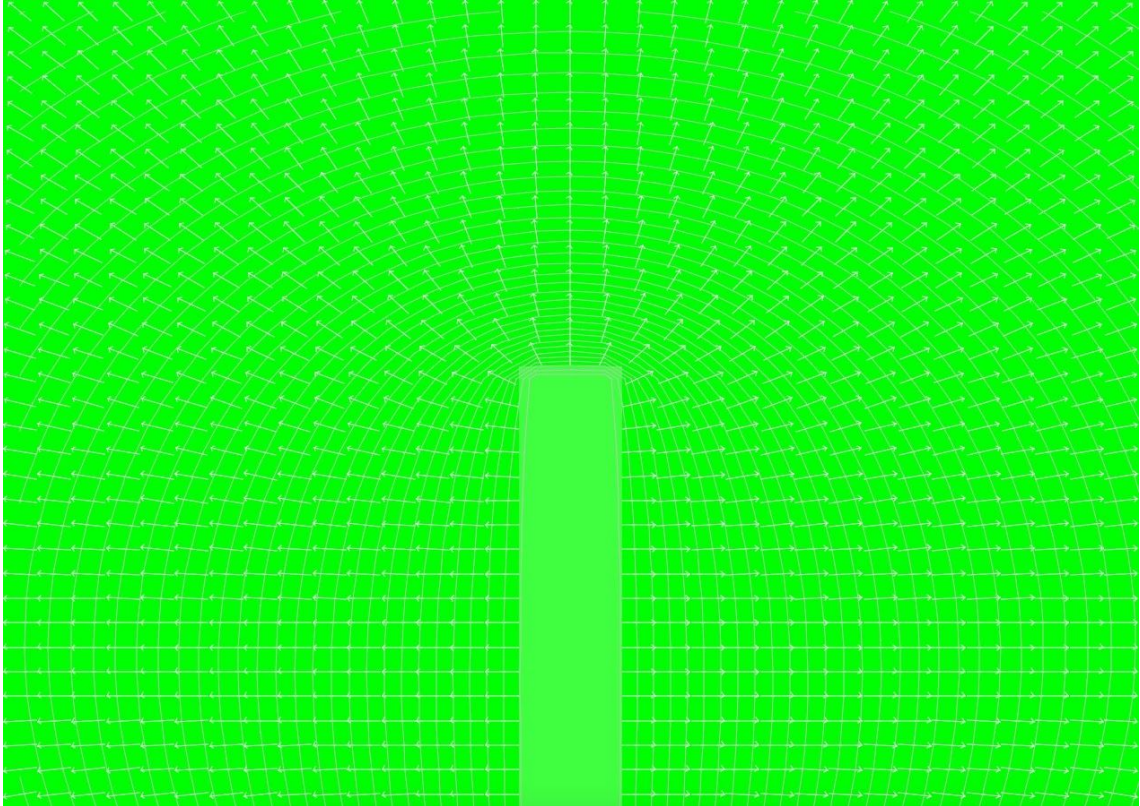


Figura 2: simulação do campo elétrico sob efeito de “ponta”

Na figura 2, pode-se observar o campo e o potencial elétrico de uma “ponta”. Nota-se, através dos vetores, que o sentido do campo elétrico é apontando para fora da “ponta”, isso pois a ponta está conectada na placa positiva e, como ela se trata de um objeto condutor, ela acaba adquirindo as propriedades de um material polarizado positivamente.

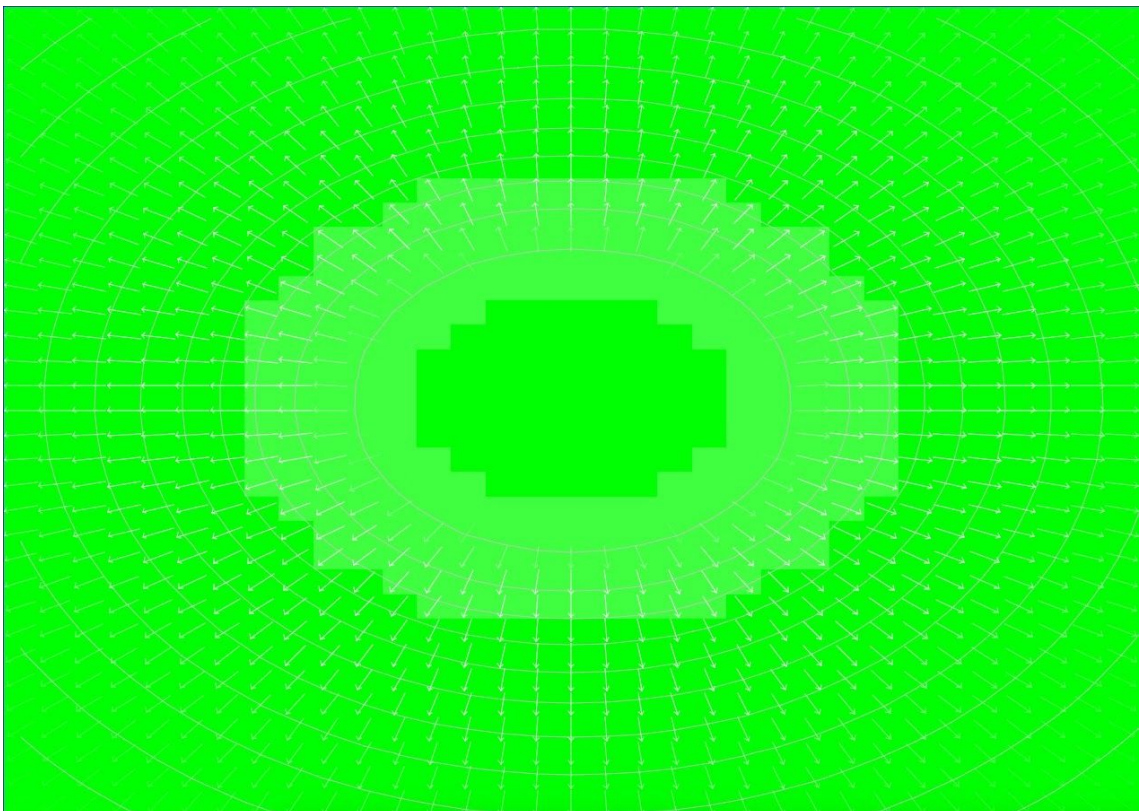


Figura 3: simulação do campo elétrico sob efeito de “Gaiola de Faraday”

Na figura 3, pode-se observar o campo elétrico e o potencial de um anel. Nota-se, através dos vetores, que o

campo elétrico apontam da superfície externa do anel para fora, sem a presença de vetores em seu interior. Logo, concluímos que o campo elétrico em seu interior é nulo.