

Relatório 1: Distribuição de potencial e campo elétrico

Ana Livia Viscondi Silva - RA 173183

Pedro Sader Azevedo - RA 243245

Yasmim Freitas Santos- RA 248535

Yuan Shi Ki - RA 195766

1. TEXTO PRINCIPAL

Neste experimento vamos explorar a distribuição de potencial e de campo elétrico entre placas condutoras, bem como o efeito de pontas e de aros colocados entre essas placas.

Para esse fim, utilizamos uma cuba de vidro preenchida com solução de sulfato de cobre com placas de cobre posicionadas em faces opostas e ligadas a uma fonte de tensão elétrica. Utilizando um multímetro conectado a um eletrodo de tensão “nula” e a uma ponta de prova, tiramos medidas de tensão na região entre os eletrodos apoiando a ponteira sobre uma tabela de coordenadas com dimensões 20 cm por 24 cm e origem no canto inferior esquerdo (vide Fig. 1(b)), de 2 cm em 2 cm. Esse procedimento foi repetido em três configurações de eletrodos: placas paralelas, placas paralelas com uma ponta, e placas paralelas com um aro. Assim, está claro que a variável independente de cada experimento foi a posição da ponteira e variável dependente foi a tensão elétrica. Por fim, os dados coletados foram usados para gerar gráficos de campo e de potencial elétrico, os quais foram visualmente analisados para avaliar as particularidades de configuração eletródica.

Ao elaborar esse procedimento, nos questionamos se a angulação da ponteira no líquido teria alguma influência sobre as medidas, visto que a solução de sulfato de cobre é homogênea e isotrópica. Como essa poderia se tornar uma importante fonte de incerteza para nossas medidas, decidimos investigá-la empiricamente antes de nossa análise principal. Para isso, tiramos medidas de tensão com a ponteira posicionada no mesmo ponto da tabela de coordenadas ($x = 12,5$; $y = 12,5$) e registramos a leitura do multímetro conforme variamos a sua inclinação. A partir disso, descobrimos que a angulação da ponteira tem efeito significativo nas medidas de tensão, principalmente quando ela é inclinada em direção às placas de cobre (na direção y do nosso sistema de coordenadas). Por esse motivo, decidimos considerá-la como incerteza sistemática e avaliamos numericamente suas componentes vertical e horizontal (vide Tab. 1.1). Como testamos apenas um ponto de nosso sistema de coordenadas, não sabemos se as flutuações de tensão seriam as mesmas em toda a região entre as placas condutoras. No entanto, suspeitamos que esse efeito seja devido a variação de área de contato entre a ponteira e o líquido, então é provável que ele seja consistente em diferentes pontos.

Agora sabendo do efeito da angulação da ponteira, prosseguimos para nosso experimento principal buscando mantê-la ortogonal à superfície da cuba. Feito isso, elaboramos os gráficos que constam na Fig. 2. Observe que, no gráfico do experimento com placas paralelas (Fig. 2(a)), é perceptível o efeito de bordas na região próxima às extremidades das placas de cobre. Isso significa que as linhas equipotenciais naquela região assumem um formato mais parecido com o contorno das placas e, assim, o campo elétrico torna-se menos uniforme. No gráfico do experimento com ponta observamos uma densidade muito maior de linhas equipotenciais nas proximidades do vértice, o que pode ser explicado pelo [apropriadamente nomeado] “Efeito de Ponta”. Esse comportamento ocorre, pois objetos pontudos têm seu potencial de carga concentrado nas suas extremidades devido a forte interação repulsiva entre as cargas aglomeradas nessa parte. Finalmente, no gráfico do experimento com aro é possível notar uma drástica diminuição no potencial elétrico na região interna ao aro. Isso acontece por causa do “Efeito degaiola de Faraday”, que denota a maneira como cargas naturalmente presentes em condutores fechados se reorganizam em resposta a um campo elétrico externo para anular o campo elétrico resultante em seus interiores.

Um aspecto comum aos três gráficos foi um eixo de simetria na mediatriz das placas, ou seja, perpendicular a elas e passando por seus centros (esse eixo pode ser observado claramente à altura de 12,5 cm). Para investigar isso mais a fundo, repetimos o procedimento anteriormente descrito mas apenas no eixo de simetria e usando uma resolução de 0,5 cm ao invés de 2,0 cm a fim de analisar o comportamento dos potenciais elétricos. Com isso, elaboramos o gráfico que consta na Fig. 3, onde pode-se perceber que o experimento das placas paralelas apresenta um gráfico praticamente linear e monotonamente decrescente, o da placa com ponta também é monotonamente decrescente mas inicialmente decresce em ritmo mais acelerado, e o das placas com aro mostrou um gráfico separado em 3 partes, sendo a primeira e última, lineares decrescentes e a segunda (de 5 a 15 cm, em justaposição às coordenadas do aro) linear com tensão constante. Um parâmetro interessante para comparar os efeitos da ponta e

do aro no potencial elétrico são medições de tensão tiradas no mesmo ponto, mas em duas situações distintas: próximo a ponta condutora e no interior no aro. ^{2.1} O ponto que atende a ambas condições é ($x = 12,5$ cm; $y = 6,0$ cm) que estava sob tensão de $3,338 \pm 0,02$ V na primeira situação e de $1,853 \pm 0,02$ V na segunda. O experimento das placas paralelas sem mais nenhum condutor pode servir de “controle” nesse caso, visto que seu valor de tensão no mesmo ponto, de $2,668 \pm 0,02$ V, foi menor que a tensão com ponta e maior que a tensão com aro, como esperado.

Após toda esta análise, concluímos que a quantidade de pontos que escolhemos para o estudo foi suficiente para obtenção de resultados conclusivos, que atenderam aos objetivos do experimento. Da mesma maneira, o aparato e o procedimento experimentais, juntos à análise de incertezas sobre a ponteira, foram adequados para a compreensão e a validade dos dados coletados.

2.2

2. FIGURAS E TABELAS (até 02 páginas)

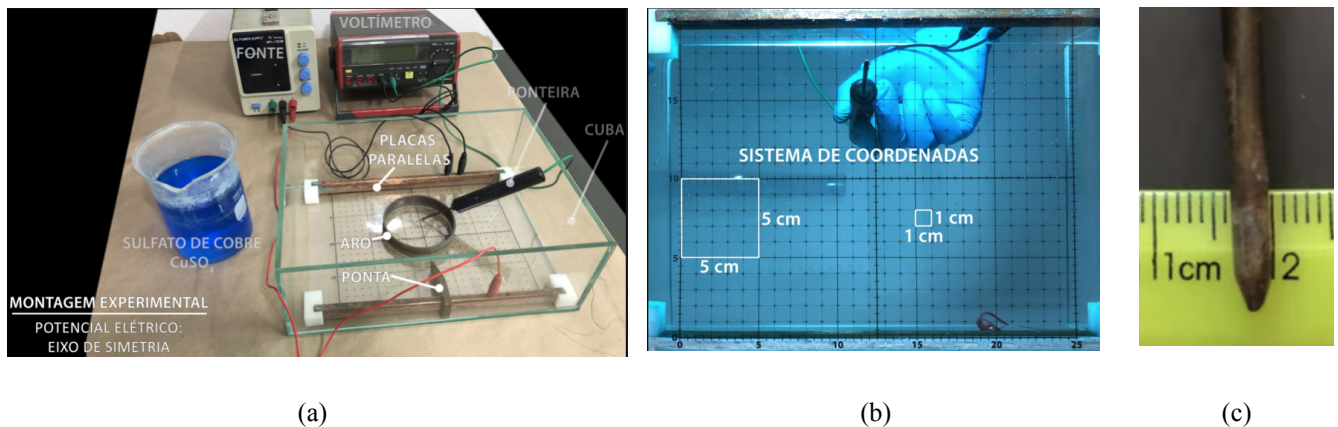


Fig. 1 (a, b, c): Fotos do aparato experimental, tabela de coordenadas utilizada, e da espessura da ponteira.

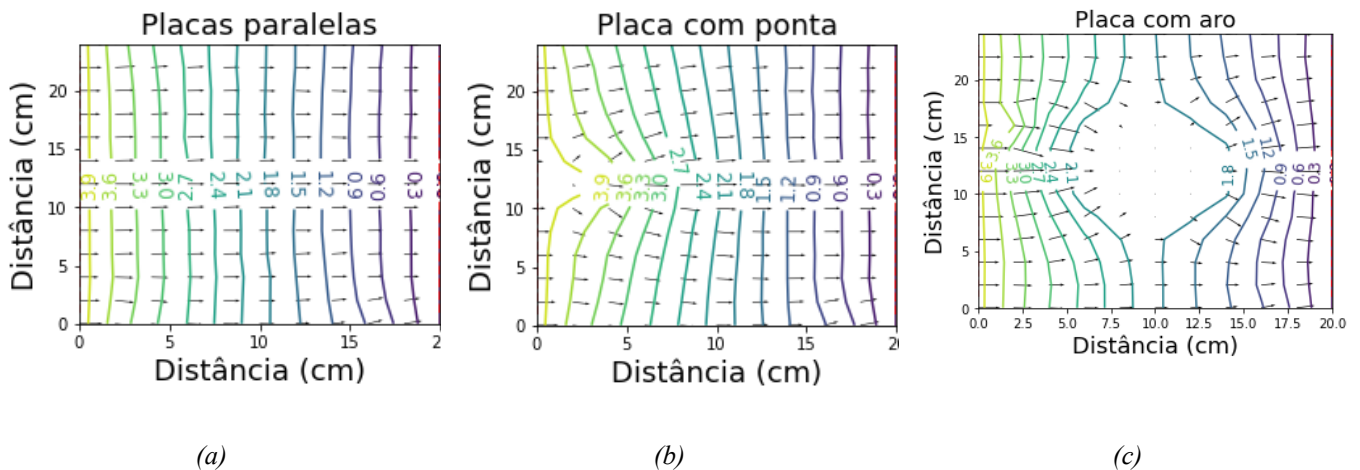


Fig. 2 (a, b, c): Gráficos de curvas equipotenciais para diferentes configurações de eletrodos.

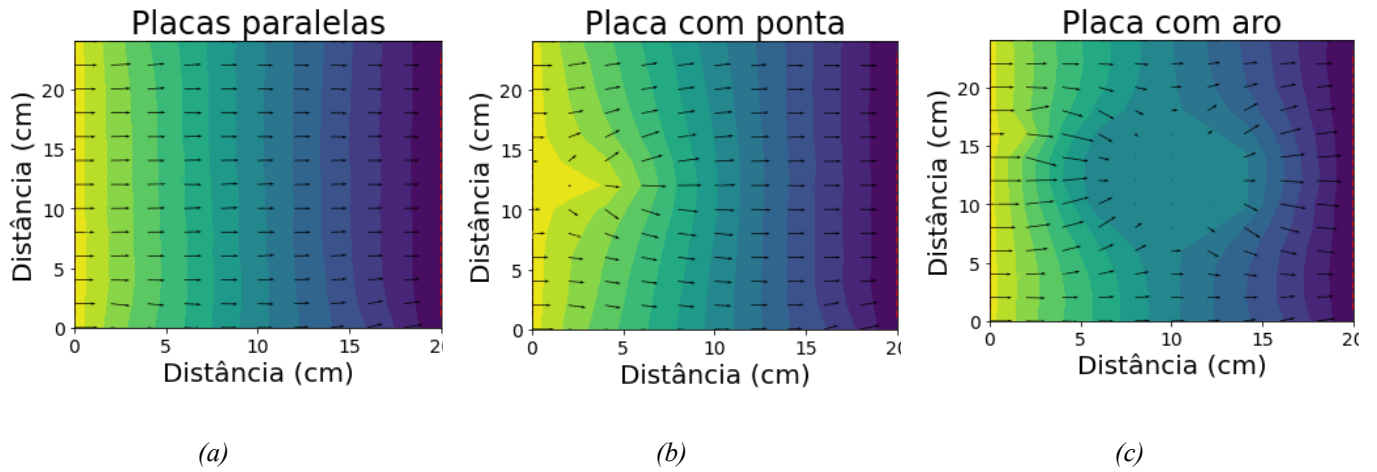


Fig. 3 (a, b, c): Gráficos de regiões de potencial elétrico para diferentes configurações de eletrodos.

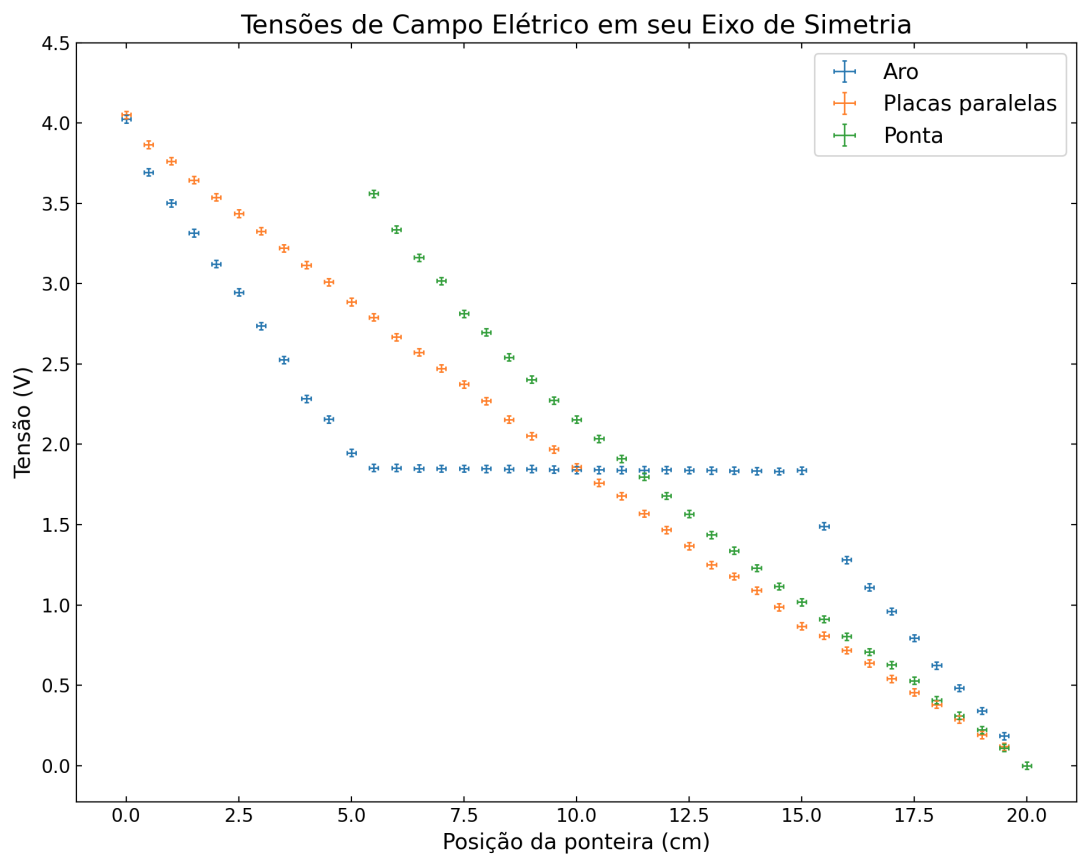




Fig. 3: Gráfico de potencial elétrico em função da posição da ponteira, para as três configurações.


3. INCERTEZAS

Tab. 1.1: Incertezas associadas às medidas de tensão elétrica.

Fonte de incerteza	f.d.p.	Tipo de avaliação	Referência	Faixa de valores plausíveis (V)	Incerteza-padrão (V)
Angulação vertical da ponteira	Triangular	B	Vídeo 5	$a = 2,105 - 2,006 = 0,099$	$\frac{0,099}{2\sqrt{6}} = 0,020$
Angulação horizontal da ponteira	Triangular	B	Vídeo 5	$a = 2,058 - 2,016 = 0,042$	$\frac{0,042}{2\sqrt{6}} = 0,009$
Medidas repetidas	Gaussiana	A	Vídeo 5	N/A, vide Tab. 1.2	0,003
Leitura do multímetro	Retangular	B	Manual do multímetro	$a = 0,001$	Algarismo insignificante
Calibração do multímetro	Retangular	B	Manual do multímetro	$a = (0,003 \times \bar{U}) + (2 \times 0,001)$	$\frac{0,014}{\sqrt{3}} = 0,008^*$
Incerteza-padrão combinada: $u_U = 0,02 \text{ V}$  					

* Utilizamos $U = 4,000 \text{ V}$ para ilustrar o “pior caso” da incerteza de calibração do multímetro, visto que parte dela é proporcional à medida de tensão e que o maior valor assumido por essa grandeza foi em torno de $4,000 \text{ V}$ em todos os nossos experimentos. Para as demais análises, adicionamos uma coluna de incertezas (em função da tensão coletada na mesma linha) às tabelas de medidas.

Tab. 1.2: Desenvolvimento de contas para a incerteza de medidas repetidas de tensão

Explicação	Número de medidas de tensão	Tensão média (V)	Desvio padrão da tensão (V)	Incerteza padrão (V)
Símbolo	n	$U_{\text{média}}$	σ_U	$\frac{\sigma_U}{\sqrt{n}}$
Valor	6	$2,049 \text{ V}$ 	0,008	0,003

Tab. 1.3: Incertezas associadas ao posicionamento da ponteira.

Fonte de incerteza	f.d.p.	Tipo de avaliação	Referência	Faixa de valores plausíveis (m)	Incerteza-padrão (m)
Espessura da ponteira	Retangular	B	Fig. 1(c)	$a = 0,004$	$\frac{0,04}{2\sqrt{6}} = 0,001$
Leitura da régua	Triangular	B	Fig. 1(c)	$a = 0,001$	Algarismo insignificante
Incerteza-padrão combinada: $u_p = 0,001 \text{ m}$					

Índice de comentários

- 2.1 As incertezas devem ter um único algarismo significativo diferente de zero.
- 2.2 Faltou o cálculo do módulo do campo elétrico nas várias configurações.
- 3.1 Faltaram as três tabelas de dados.
- 4.1 Só um algarismo significativo diferente de zero!