

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA CARGA SOBRE MASSA DE UM ELÉTRON UTILIZANDO UM O MAGIC EYE TUBE

ALEXANDRA GOUVÊA LUCATELLI¹; EDUARDO FERREIRA DA SILVA²,
VINÍCIUS NIZOLI BECKER³; WILLIAM LIMA CAIANO⁴; WAGNER TENFEN⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – alexandra.lucatelli@ufpel.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas – edu.ferreira056@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – vinicius.becker@ufpel.edu.br

⁴Universidade Federal de Pelotas – gowthercaiano27@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – wtenfen@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Por volta de 1897, J.J. Thomson utilizou um tubo de raios catódicos (um dispositivo de vidro contendo gás rarefeito, próximo do vácuo, onde gera-se um feixe de partículas ao aplicar uma diferença de potencial entre dois eletrodos) para investigar sua hipótese acerca das propriedades fundamentais do átomo. No experimento, manteve o tubo em alto vácuo e aplicou campos elétrico e magnético perpendiculares ao feixe. Observou que os raios catódicos se desviavam, indicando que eram compostos por partículas carregadas. Ao ajustar os campos de forma a equilibrar as forças elétrica e magnética, conseguiu manter o feixe em trajetória retilínea, o que permitiu calcular a razão carga sobre massa (q/m) dessas partículas, hoje conhecidas como elétrons (SILVA, 2009).

O *Magic Eye Tube*, também conhecido como tubo indicador de raios de elétrons, é um tipo de tubo de vácuo utilizado em rádios antigos para indicar a intensidade do sinal recebido. Este trabalho propõe um modelo alternativo para determinar a razão entre a carga sobre massa de um elétron. Embora existam diversos estudos publicados, como os apresentados na Revista Brasileira de Ciências, que exploram modelos semelhantes utilizando tubos de raios catódicos, comumente encontrados em televisores antigos, a proposta deste estudo consiste na substituição do tubo de raios catódicos por um *Magic Eye Tube*, como feito em (ALAM; ANWAR, 2015), para fins experimentais, explorando sua viabilidade na medição da razão carga sobre massa do elétron.

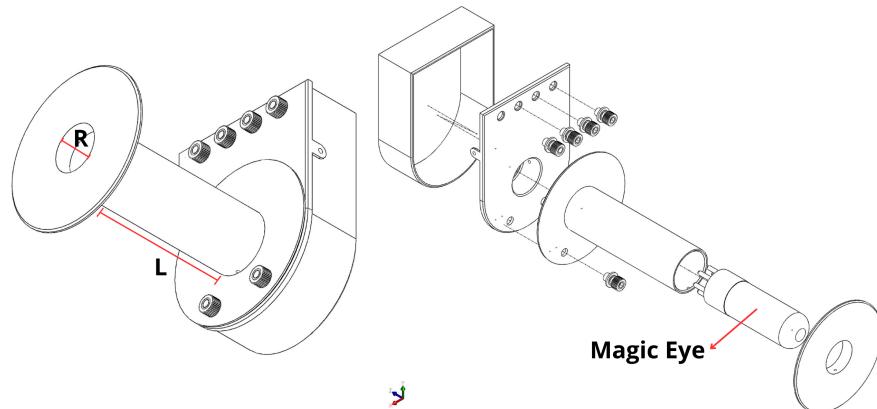
2. METODOLOGIA

Para a montagem deste aparato experimental, utilizamos uma impressora 3D para projetar a base, na qual acoplamos o *Magic Eye Tube* e a bobina, responsáveis pela geração do campo magnético. Com a base montada, iniciou-se o processo de produção da bobina. Construímos uma bobina de raio (R), com um número de espiras (N) distribuídas ao longo de um comprimento (L), o que nos permitiu calcular a densidade linear de espiras ($n = N/L$), demonstrado na Figura 1.

Para determinar a relação entre o campo magnético e a corrente elétrica, conectamos a bobina a uma fonte de tensão, utilizamos um amperímetro para medir a corrente elétrica e posicionamos um magnetômetro exatamente no centro da bobina. Essa escolha se deve ao fato de estarmos interessados em medir o campo magnético no ponto P , localizado no eixo central da bobina, conforme ilustrado na Figura 2.

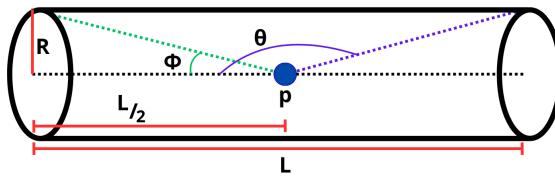
Dessa forma, obtivemos o valor experimental do campo magnético. Com os dados da corrente elétrica (I) e da geometria da bobina, calculamos o valor teórico

Figura 1: Representação Aparato



Fonte: Acervo do autor (2025)

Figura 2: Representação da Bobina



Fonte: Acervo do autor (2025)

do campo magnético a partir da lei de Biot–Savart, considerando a aproximação de um cilindro com comprimento finito. Essa modelagem nos leva à Equação 1, que expressa o módulo do campo magnético gerado no interior da bobina dada por

$$|\vec{B}| = \mu_0 \cdot I \cdot n \cdot C, \quad (1)$$

onde (C) é a nossa constante, e pode ser calculada a partir da equação

$$C = \int_{\theta}^{\phi} -\sin \theta' d\theta'. \quad (2)$$

Essa abordagem nos permitiu comparar o campo obtido teoricamente com o valor medido experimentalmente pelo magnetômetro, possibilitando a análise do desvio entre os resultados prático e teórico.

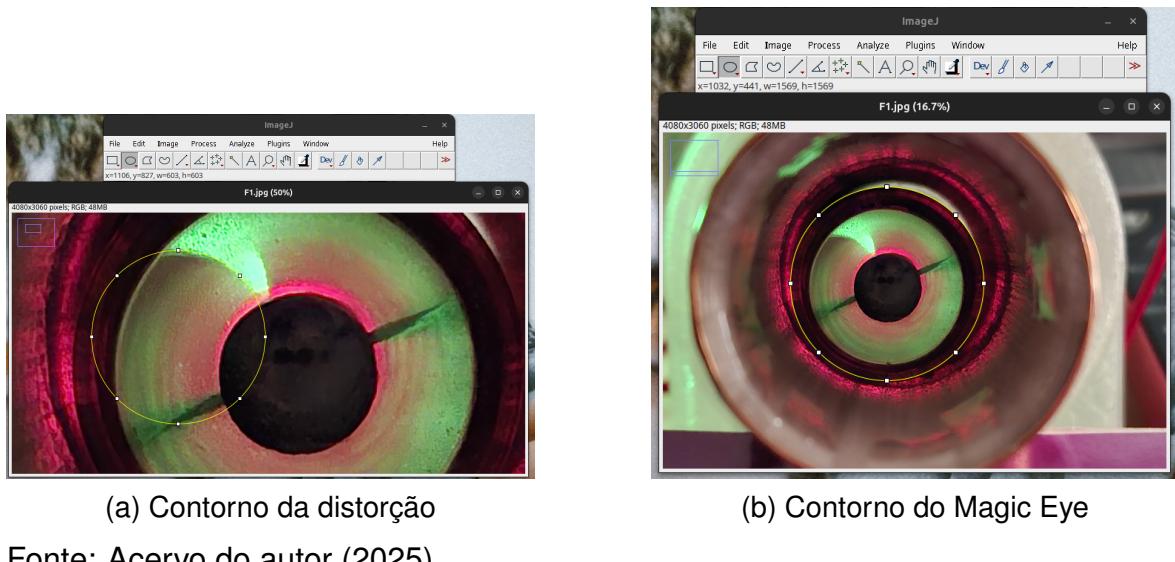
Dessa forma, partimos para as conexões internas necessárias para o funcionamento do *Magic Eye Tube*. Na sequência, realizamos as conexões externas, ligando o circuito a uma fonte de tensão, um voltímetro e um amperímetro. O amperímetro foi utilizado para medir a corrente elétrica que percorre a bobina, enquanto o voltímetro foi conectado ao *Magic Eye Tube* para registrar a diferença de potencial (ddp) aplicada. Essas medições permitiram associar cada imagem registrada à distorção provocada pela ação do campo magnético.

Com as imagens obtidas, utilizamos um programa chamado *ImageJ*, por meio do qual ajustamos uma circunferência, de raio (r) em pixels, que seguia a linha de tendência da distorção causada pelo campo magnético mostrado na Figura 3(a).

Além disso, também traçaremos uma circunferência de raio (r') que se alinhará com a circunferência do próprio *Magic Eye Tube*, conforme ilustrado na Figura 3(b), assim, dimensionamos a nossa relação de pixels para milímetros.

Após a determinação do raio e do campo magnético, visualizaremos o nosso

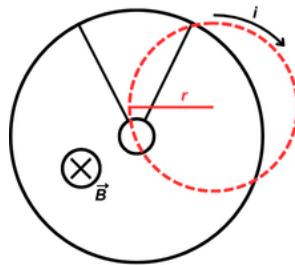
Figura 3: Contorno para determinação do diâmetro



Fonte: Acervo do autor (2025)

sistema, representado na Figura 4.

Figura 4: Representação da Bobina



Fonte: Acervo do autor (2025)

Como temos um movimento circular causado pelo campo magnético (\vec{B}), podemos igualar a força magnética com a força centrípeta ($F_c = F_B$). Multiplicando ambos os lados por $\frac{1}{2}$, obtemos

$$\frac{1}{2} \frac{mv^2}{r} = \frac{1}{2} qvB. \quad (3)$$

Observa-se que surge o termo $\frac{1}{2}mv^2$, que por definição é a energia cinética (K). O trabalho realizado pelo campo elétrico é dado por $W = eV$. Unindo a equação anterior com esta e considerando que a partícula parte do repouso ($E_{c,inicial} = 0$), poderemos descrever como

$$eV = \frac{1}{2}mv^2. \quad (4)$$

Simplificando e substituindo a velocidade por $v = \sqrt{\frac{2Ve}{m}}$, teremos, portanto, a relação carga sobre massa do elétron, descrita como

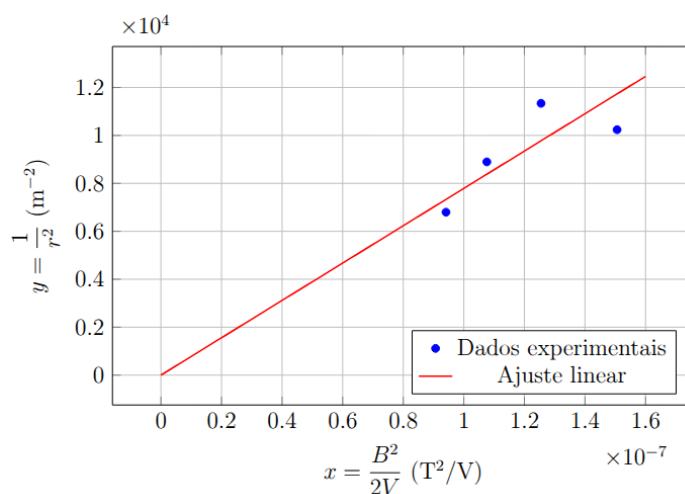
$$\frac{1}{r^2} = \frac{e}{m} \frac{B^2}{2V}. \quad (5)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a resolução do meu sistema, é necessário algumas informações, como: o módulo do campo magnético é $|\vec{B}| = 15,48827 \times 10^{-3} \text{ T}$, a corrente foi fixada em $I = 1 \text{ A}$ e a diferença de potencial foi variada para quatro valores distintos, obtendo assim quatro curvas diferentes.

Utilizando o *ImageJ*, pude determinar os quatro raios associados, assim montando um gráfico a partir da Equação (5) foi possível montar o gráfico demonstrado na Figura 5.

Figura 5: Gráfico de $\frac{1}{r^2}$ em função de $\frac{B^2}{2V}$



Fonte: Acervo do autor (2025)

Portanto, podemos determinar a inclinação da reta, que corresponde à razão carga-massa do elétron, dada por $\frac{e}{m} \approx 7.75 \times 10^{10} \text{ C/kg}$. Sabendo que o valor teórico da razão carga sobre massa é $\frac{e}{m} = 1.7588 \times 10^{11} \text{ C/kg}$, o erro relativo percentual entre o valor experimental e o teórico é erro $\approx 55.9\%$.

4. CONCLUSÕES

O elevado erro observado pode ser explicado pelo fato de se tratar de um protótipo experimental. Além das dificuldades enfrentadas durante a montagem, verificou-se que o *Magic Eye Tube* apresentava vazamento de vácuo, o que provavelmente contribuiu para inconsistências nos dados. Apesar disso, para os propósitos de análise e construção do projeto, os resultados obtidos são considerados consistentes e fornecem informações úteis.

5. REFERÊNCIA

SILVA, Luiz Cezar Mendes da. **O experimento de J.J. Thomson, razão carga/massa do elétron no enfoque do ensino médio.** Trabalho de Conclusão de Graduação–Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, maio 2009

ALAM, Junaid; ANWAR, Muhammad Sabieh. **Imaging electron trajectories: e/m measurement with a "magic eye" and ImageJ.** LUMS School of Science and Engineering, 28 out. 2015. Versão 2015-3.