

Relatório do EP 1 de MAC0209

Felipe Aníbal	13731195
Fernando Lima	13672710
Gabriel Ferreira	12718100
Isabella Caselli	13686685
Vinícius Lira	13671719

Resumo

Este estudo teve como objetivo simular e modelar os movimentos retilíneo uniforme e o uniformemente variado de uma pessoa correndo e a queda livre de um objeto. Foram utilizados equipamentos de medição de tempo e aceleração para registrar as características desses movimentos.

A análise dos dados coletados permitiu estimar a velocidade e a posição do corpos estudados em função do tempo. Para isso, usamos estimativas feitas com o método de Euler e observações analíticas para encontrar os parâmetros adequados para simular os movimentos.

No experimento do movimento retilíneo uniforme, os dados coletados revelaram que a velocidade do objeto se manteve aproximadamente constante ao longo do tempo, e que a distância percorrida variou linearmente em função do tempo. Já no experimento do movimento retilíneo uniformemente variado, observou-se que a velocidade do objeto aumentou de forma aproximadamente constante ao longo do tempo, e que a distância percorrida variou de forma quadrática em função do tempo. Os gráficos que resultaram dos experimentos confirmam esses resultados.

Conteúdo

1	Introdução	3
2	Objetivos	3
3	Cronograma	3
4	Dados e métodos	4
5	Resultados Experimentais	5
5.1	Movimento Retilíneo Uniforme e Uniformemente Variado	5
5.2	Queda Livre	9
6	Conclusão	12

1 Introdução

O estudo dos fenômenos físicos envolvidos no movimento retilíneo uniforme e queda livre tem sido objeto de interesse da ciência há séculos. Esses fenômenos são essenciais para a compreensão de diversas áreas da física, engenharia e tecnologia, e seu estudo tem sido fundamental para o desenvolvimento de novas tecnologias e processos mais eficientes e seguros.

A queda livre é um dos fenômenos mais estudados e conhecidos na física. A queda de objetos em um campo gravitacional uniforme, sem a influência de forças externas, é um exemplo clássico de movimento retilíneo uniformemente acelerado. A partir da análise de dados coletados em experimentos de queda livre, é possível compreender a relação entre distância percorrida, velocidade e tempo, e desenvolver modelos matemáticos que permitem prever a trajetória de objetos em queda livre em diferentes condições.

No entanto, é importante ressaltar que, na prática, a queda livre não ocorre sem a influência de forças externas, como a resistência do ar. Essa força exerce uma resistência que se opõe ao movimento do objeto, reduzindo sua velocidade e distância percorrida. Portanto, a análise da queda livre com a presença da resistência do ar é um desafio, mas é fundamental para o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e seguras em áreas como a aviação, por exemplo.

O movimento retilíneo uniforme é outro fenômeno físico importante que tem sido objeto de estudo ao longo dos anos. Esse tipo de movimento é caracterizado pela manutenção da velocidade do objeto ao longo do tempo, sem aceleração ou desaceleração. Já o movimento retilíneo uniformemente variado é caracterizado pela aceleração constante do objeto ao longo do tempo. A partir da análise de dados coletados em experimentos de movimento retilíneo uniformemente variado, é possível compreender a relação entre distância percorrida, velocidade, aceleração e posição, e simular a trajetória do objeto ao longo do tempo.

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo analisar os fenômenos físicos envolvidos no movimento retilíneo uniforme, uniformemente variado e queda livre, considerando a presença da resistência do ar, por meio de experimentos realizados e análise de dados coletados.

2 Objetivos

Os objetivos deste estudo foram modelar matematicamente o movimento retilíneo uniforme e a queda livre em diferentes condições, considerando a influência de fatores, como a resistência do ar, e analisar os dados coletados para compreender como esses fenômenos se comportam. Mais especificamente, os objetivos deste estudo foram:

- Realizar a medição e registro de dados de tempo e aceleração para o movimento retilíneo uniforme, uniformemente variado e queda livre;
- Modelar matematicamente o movimento retilíneo uniforme, uniformemente variado e a queda livre, considerando a influência de fatores como a resistência do ar;

3 Cronograma

- 27/04 - Planejamento.
- 03/05 - Obter dados do movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado.
- 04/05 - Começar a programar o movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado.
- 06/05 - Obter mais dados do movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado; Realizar gravações do experimento de queda livre.
- 07/05 - Modificações no código do movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado.
- 11/05 - Começar a programar o experimento de queda livre.
- 12/05 - Modificações no código da queda livre; Obter sinal médio das medições; Gravar movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado.

- 13/05 - Ajustes finais dos programas e início da edição do vídeo.
- 15/05 até 22/05 - Pequenas alterações devido à extensão do prazo.

4 Dados e métodos

O experimento foi realizado em um local propício, livre de obstáculos que pudessem interferir no movimento dos objetos. Foi utilizado um smartphone com o aplicativo *Physics Toolbox Suite* para coletar os dados do movimento dos objetos.

No primeiro experimento, para o estudo do movimento retilíneo uniforme, um voluntário caminhou enquanto carregava uma mochila com o celular registrando os dados do movimento. Para obter dados mais adequados para a modelagem, foi usado um metrônomo para marcar o intervalo de tempo entre os passos e o voluntário tentou fazer passos de tamanhos iguais. Foram realizadas cinco repetições desse experimento para garantir a precisão dos dados. Para o estudo do movimento retilíneo uniformemente variado, foi feito o mesmo procedimento do MRU, porém, ao invés de uma caminhada, foi feito um movimento de corrida.

No segundo experimento, para o estudo da queda livre com resistência do ar, o celular foi fixado num bolso dentro de uma mochila e, em seguida, a mochila foi colocada em uma altura elevada. A mochila foi então liberada, sendo segurada no final da trajetória para evitar que caísse no chão e sofresse danos. Foram realizadas cinco repetições desse experimento para garantir a precisão dos dados. A aceleração da resistência do ar foi estimada de duas maneiras:

- Usando o próprio valor dado pelo acelerômetro.
- Usando uma fórmula para encontrar a resistência do ar:

$$F_{ar} = c \cdot v^2$$

Em que c é dado pela seguinte expressão:

$$c = \frac{\rho \cdot C_D \cdot A}{2}$$

Em que $\rho = 1,27 \text{ kg/m}^3$ é a densidade do ar, $C_D = 1.60$ é uma constante que depende do formato da mochila e $A = 0.2 \text{ m}^2$ é a área da mochila. Assim, obtém-se $c = 0.2 \text{ kg/m}$

Por fim, foi feita a seguinte manipulação:

$$\begin{aligned} F_r &= P - F_{ar} \\ m \cdot a &= m \cdot g - F_{ar} \\ a &= g - \frac{F_{ar}}{m} \end{aligned}$$

Em que $m = 2 \text{ kg}$ é a massa da mochila, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ é aceleração da gravidade e a é a aceleração final do objeto.

É importante notar que, como protocolo de aquisição de dados, foi feita uma pausa de aproximadamente cinco segundos antes e depois de cada um dos movimentos. O objetivo era tentar estabilizar a posição do celular para conseguir filtrar melhor o começo e fim do movimento a partir dos dados do acelerômetro.

Os dados coletados foram transferidos para o computador, onde foram realizados os cálculos e gerados os gráficos com alguns programas em *Python* (anexados junto com esse relatório). Para a análise dos dados, foram utilizados conceitos de cinemática, como a equação da posição e a definição de velocidade média. Também foram considerados os efeitos da resistência do ar na queda livre, em que foi utilizado uma fórmula para determinar a força da resistência do ar.

Os gráficos gerados permitiram visualizar a relação entre as variáveis medidas e identificar padrões e tendências nos dados coletados.

Com a metodologia descrita acima, foi buscado obter resultados precisos e confiáveis para a análise do movimento retilíneo uniforme, uniformemente variado e da queda livre com resistência do ar.

5 Resultados Experimentais

5.1 Movimento Retilíneo Uniforme e Uniformemente Variado

Para simular o movimento retilíneo uniforme e o uniformemente variado, foram feitas medições de dados em uma caminhada com passos de tamanhos e tempos aproximadamente iguais. Pode-se visualizar essa situação com o gráfico gerado a seguir:

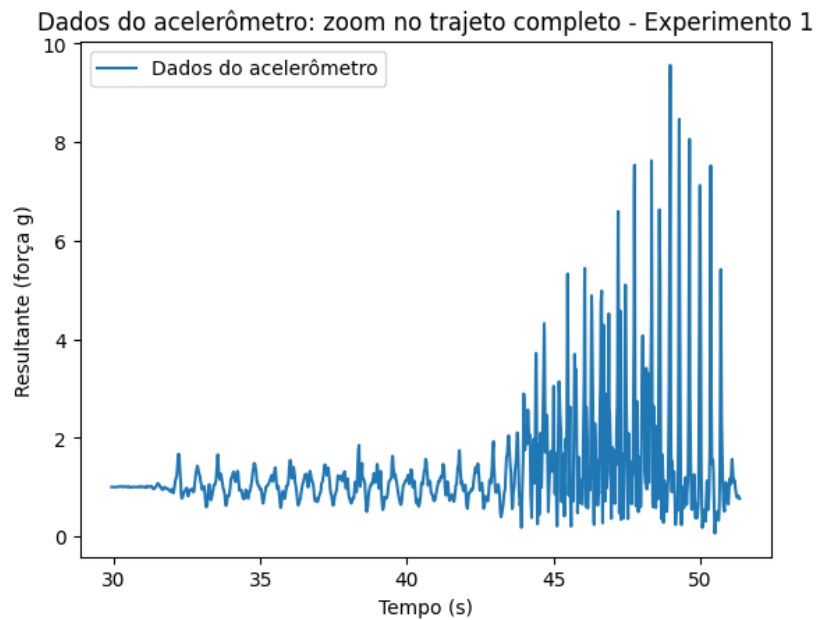


Figura 1: Gráfico que representa os dados da caminhada e corrida.

Pode-se observar que no início do movimento estão os dados da caminhada e depois de 44 segundos, os dados da corrida. O gráfico abaixo mostra detalhadamente os dados dos passos da caminhada (movimento retilíneo uniforme):

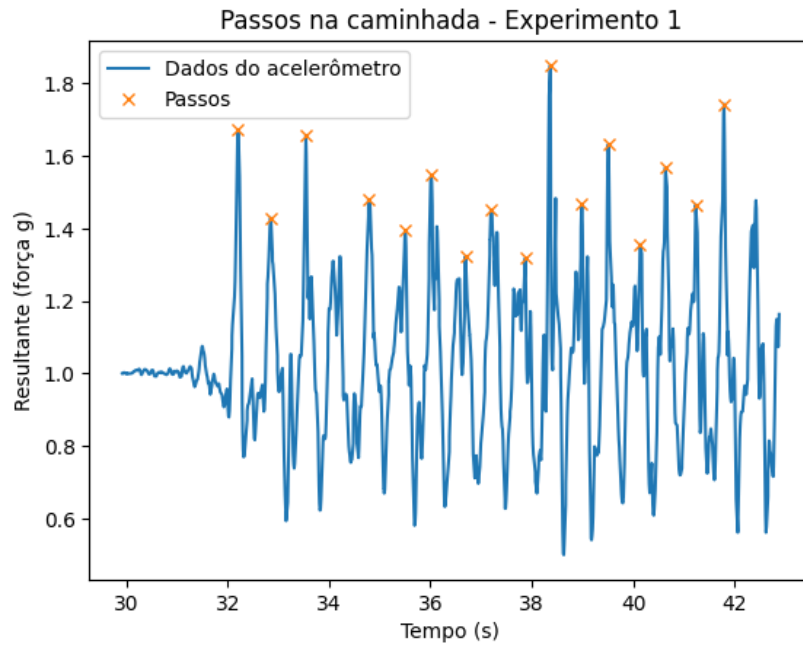


Figura 2: Gráfico que representa os dados da caminhada.

Pode-se notar que a cada passo o acelerômetro oscila entre um pico maior e um pico menor. Assim, marcando os picos superiores, foi estimada distância percorrida, com base no tamanho do passo do voluntário e no número de passos dados na caminhada. Com esses dados, foi usado o método de Euler para estimar a posição do indivíduo ao longo do tempo. Assim, foi obtido o gráfico que segue:

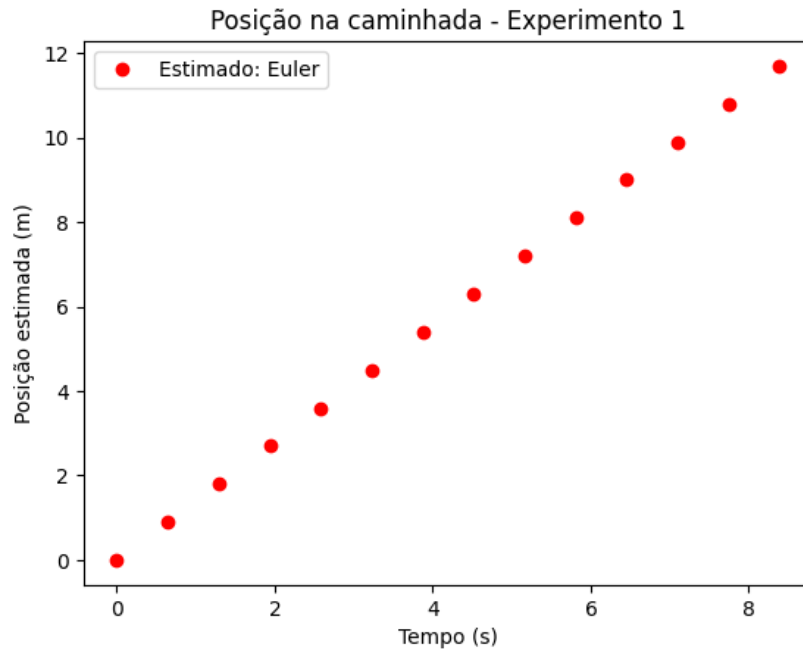


Figura 3: Gráfico que representa os dados da posição da caminhada.

Depois da análise da caminhada, agora pode-se visualizar os dados da corrida (movimento retilíneo uniformemente variado) no gráfico abaixo:

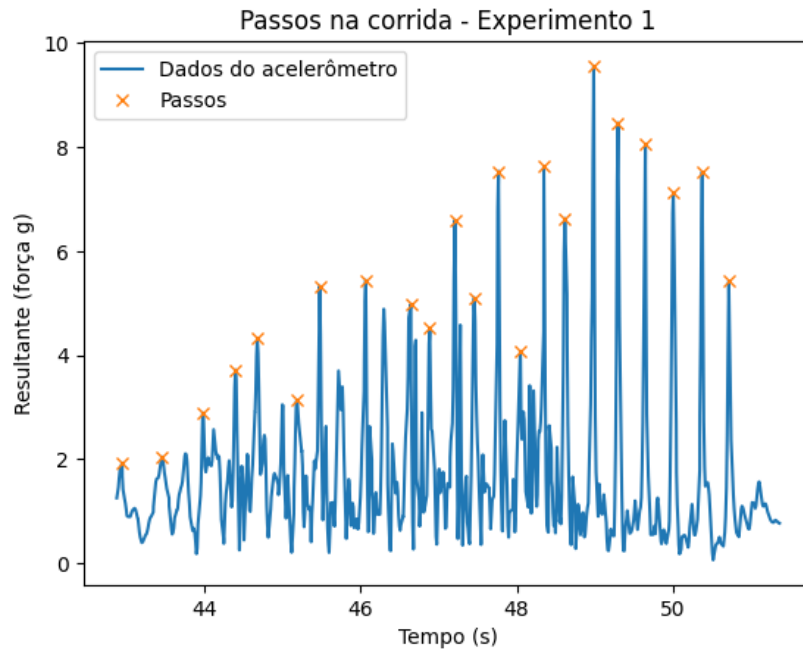


Figura 4: Gráfico que representa os dados da corrida.

Ao analisar o gráfico, pode-se notar que o sinal do acelerômetro tende a atingir valores mais altos do que os obtidos no gráfico anterior. Assim, é possível distinguir a caminhada da corrida. Nos gráficos gerados abaixo, observa-se uma velocidade variando aproximadamente de maneira linear e uma distância variando de maneira quadrática:

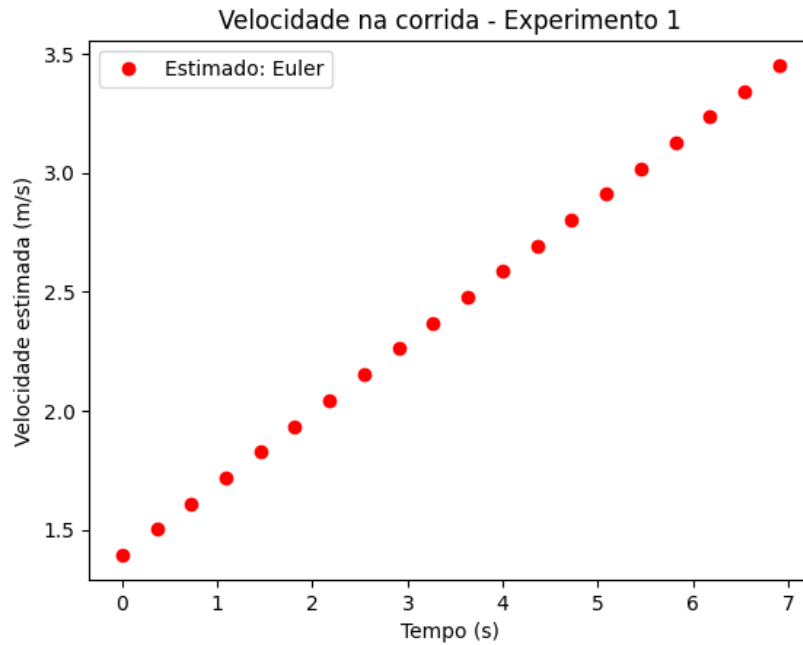


Figura 5: Gráfico que representa os dados da velocidade da corrida.

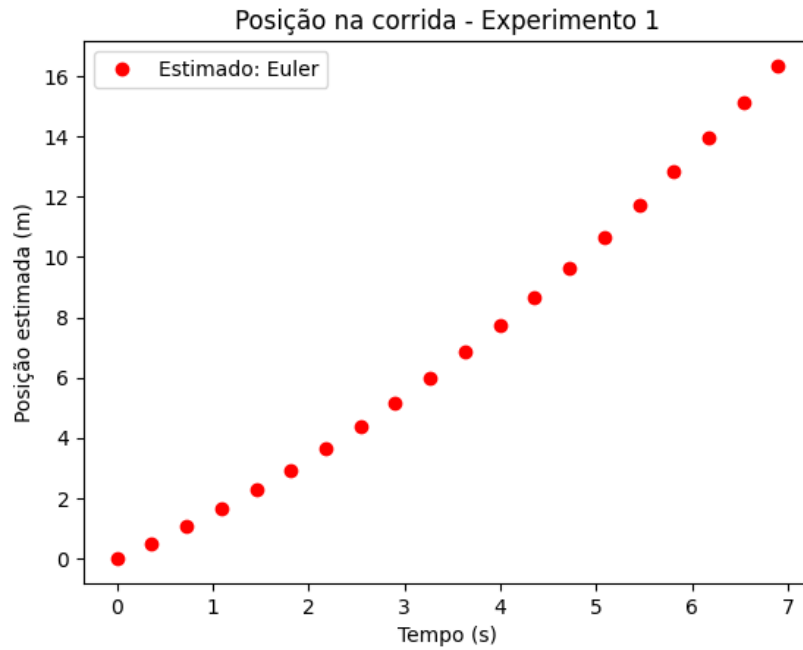


Figura 6: Gráfico que representa os dados da posição da corrida.

Nesse experimento, após o manejo dos dados, foi possível obter as seguintes informações:

- Numero de passos: 34.00.
- Distância percorrida: 25.90.
- Tempo transcorrido (s): 15.29.
- Velocidade media da Caminhada (m/s): 1.39.
- Velocidade media do Trajeto (m/s): 1.83.
- Pace médio Caminhada (min/km): 11 minutos e 56 segundos por km.
- Pace médio Corrida (min/km): 7 minutos e 2 segundos por km.

Os experimentos foram realizados cinco vezes. Após isso, os dados de cada tipo de movimento foram sobrepostos em um único gráfico como segue abaixo. Os gráficos permitem ver que apesar do protocolo, há variações nos dados das corridas e das caminhadas, inerentes a experimentos feitos em ambiente não tão controlados. Esse é um desafio encontrado, quando se analisa situações cotidianas.

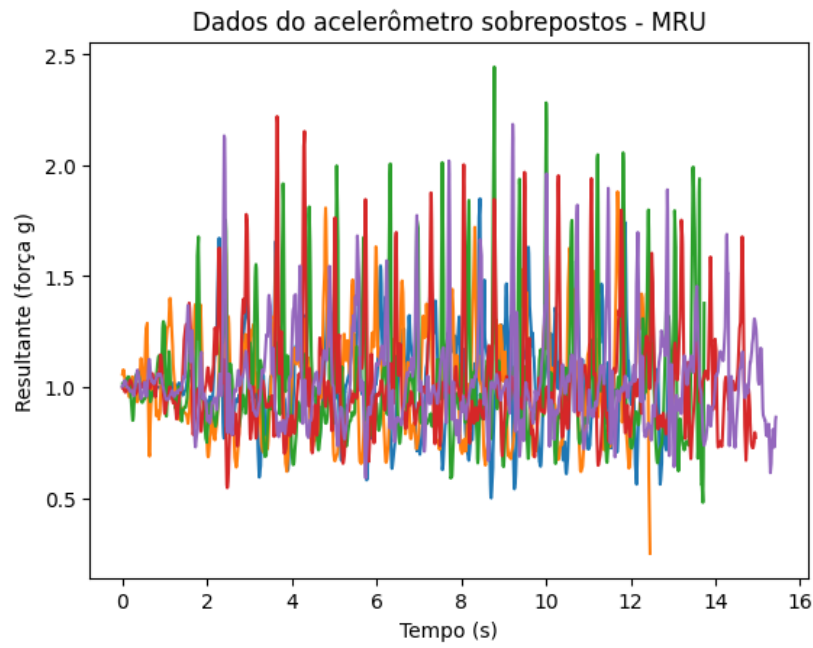


Figura 7: Gráfico que representa os dados da caminhada sobrepostos.

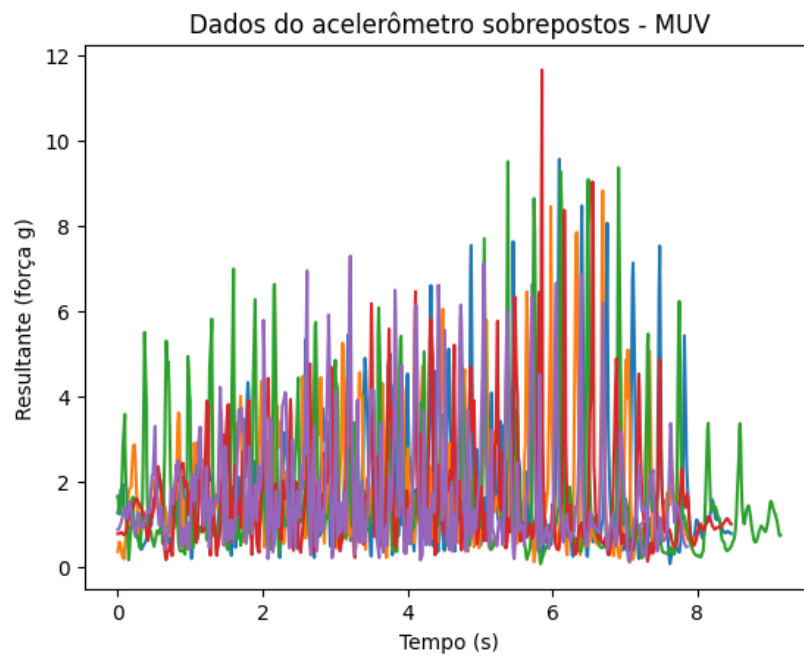


Figura 8: Gráfico que representa os dados da corrida sobrepostos.

5.2 Queda Livre

Para simular a queda livre, foi feito o lançamento do dispositivo de coleta de dados a uma certa altura. Logo a seguir, vem a representação gráfica:

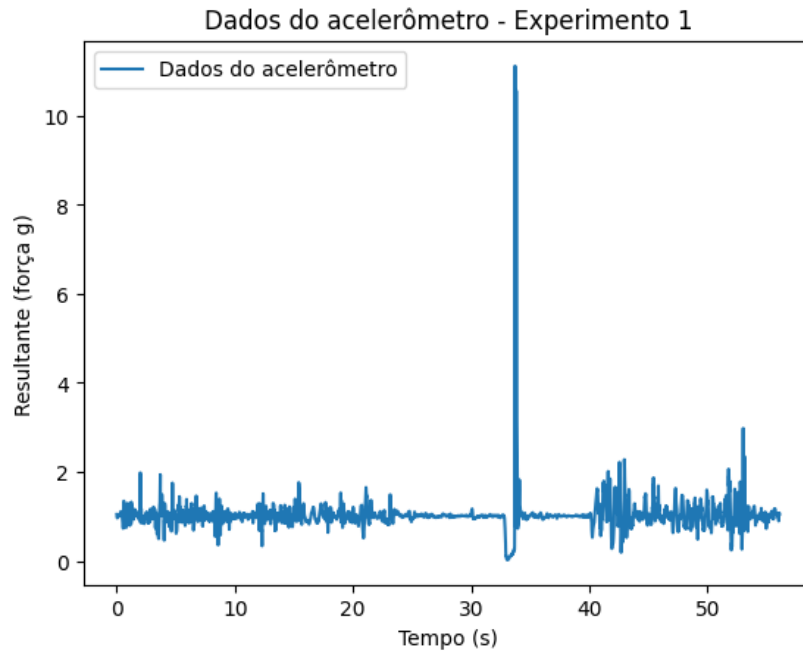


Figura 9: Gráfico que representa os dados do experimento de queda livre.

A partir do gráfico acima foi dado um zoom no momento da queda. Para estimar a posição e a velocidade durante esse movimento, foram pegas amostras de aceleração obtidas em diferentes pontos ao longo do movimento. Esses pontos são mostrados em laranja. Com essa aceleração, foi usado o método de Euler para estimar a velocidade, e com a velocidade, o método de Euler novamente para estimar a posição do objeto. Optou-se por essa abordagem porque os dados do acelerômetro já incluíam a resistência do ar. No entanto, para confirmar que essa abordagem era apropriada, a força da resistência do ar foi estimada a partir de algumas fórmulas. Conforme observa-se no gráfico da figura 11, os valores obtidos com essas duas abordagens foram bastante próximos.

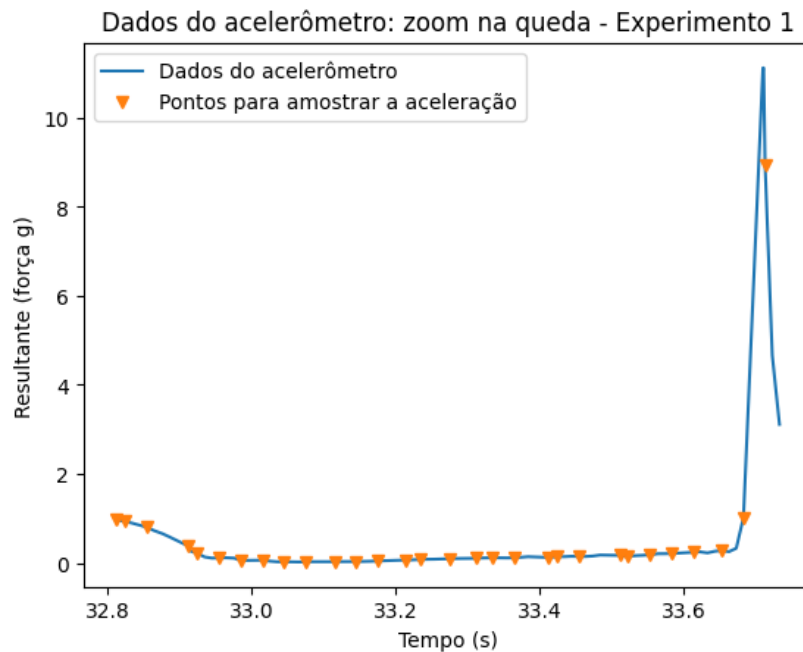


Figura 10: Gráfico que representa as amostragens de aceleração na queda.

O gráfico abaixo exibe o comportamento da velocidade estimada pegando dados do acelerômetro e comparando com a velocidade estimada a partir do cálculo da resistência do ar. Ao analisar o gráfico nota-se que houve uma estimativa coerente com o comportamento do caso real no acelerômetro, e também observa-se que com a presença da resistência do ar, a velocidade do objeto não aumenta de forma constante. Com o manejo dos dados foi possível obter a informação de que a Velocidade média do objeto foi de 3.14 m/s.

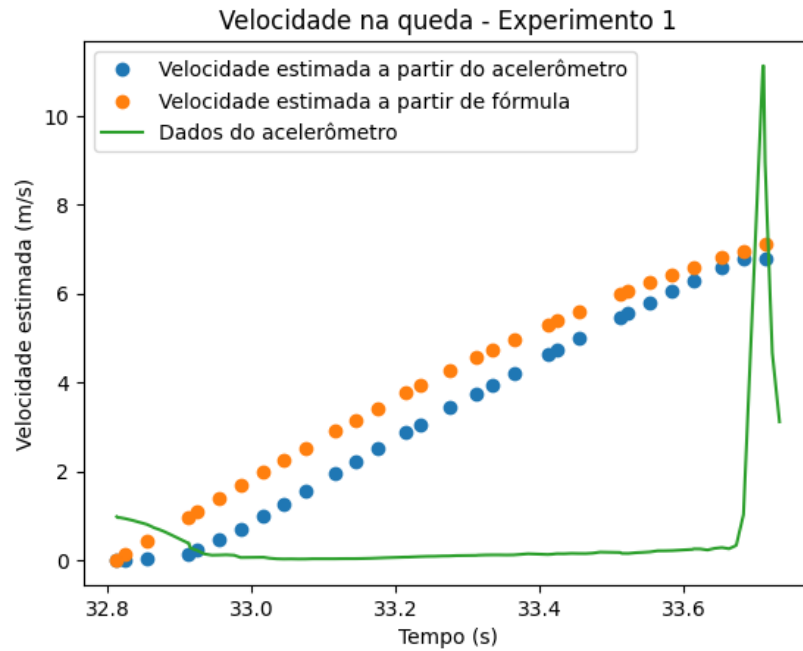


Figura 11: Gráfico que representa os dados da velocidade estimada.

Na figura abaixo, é possível visualizar a posição estimada usando os dados do acelerômetro e usando a fórmula para encontrar a resistência do ar. Com o manejo dos dados, foi possível obter a informação de que Distância percorrida foi de 2.83 m.

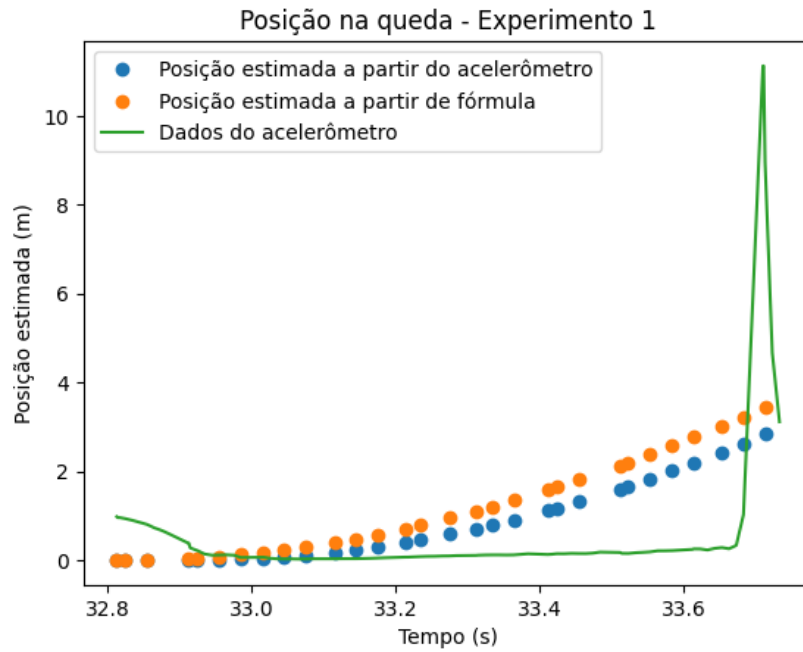


Figura 12: Gráfico que representa os dados da posição estimada.

Com o experimento realizado cinco vezes, foi possível sobrepor os dados em um único gráfico:

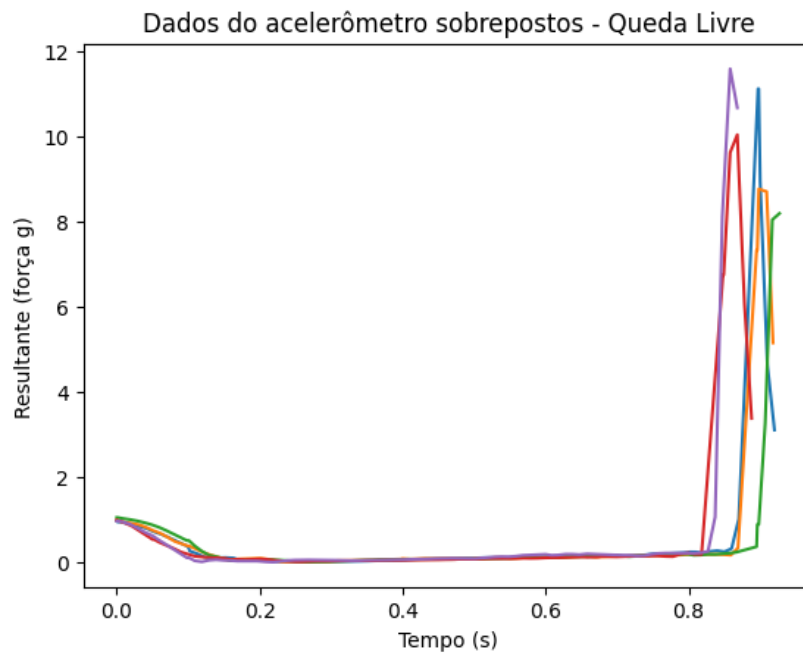


Figura 13: Gráfico que representa os dados da queda sobrepostos.

6 Conclusão

A partir dos resultados obtidos neste experimento de modelagem de movimento retilíneo uniforme, uniformemente variado e queda livre com a resistência do ar, foi possível confirmar alguns conceitos básicos de cinemática e observar os efeitos da resistência do ar na queda livre.

No experimento do movimento retilíneo uniforme, foi possível confirmar que a velocidade do objeto se mantém aproximadamente constante ao longo do tempo e que a distância percorrida pelo objeto é diretamente proporcional ao tempo de deslocamento.

No caso do movimento da corrida, observou-se que velocidade do objeto aumentou de forma aproximadamente constante ao longo do tempo e que a distância percorrida variou de forma quadrática em função do tempo.

No experimento da queda livre, verificou-se que, com a presença da resistência do ar, a velocidade do objeto não aumenta de forma constante.

Em conclusão, este experimento foi importante para aprimorar o conhecimento sobre conceitos físicos, mostrando que os conceitos teóricos podem ser comprovados por meio da experimentação.

[Link vídeo](#)