

LABORATÓRIO DE FÍSICA 1

CARLOS AUGUSTO SANTOS DE CARVALHO

GUILHERME MENEZES DE AZEVEDO

NÍCKOLAS FELIPE PAULINO SANTOS

ERLANDSON DA SILVA PESSOA JÚNIOR

BERNARDO SILVA LUZ

**RELATÓRIO**

Segunda Lei de Newton

Aracaju, Sergipe

04/04/2023

1. **Introdução**

A Segunda Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica) estabelece que a aceleração adquirida por um corpo é diretamente proporcional à força resultante exercida sobre ele e massa sendo inversamente proporcional àquela.

“A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção de linha reta na qual aquela força é aplicada.”

Essa fórmula estabelece a resultante das forças e é chamada de **equação fundamental da dinâmica.** Assim, a massa do corpo é a constante de proporcionalidade da equação e a medida da inércia do corpo. Cabe ressaltar que a força é um referencial inercial, sendo importante levar em consideração a direção e o sentido no qual a força é aplicada, isso explica o porquê de quando uma força de mesma intensidade é aplicada em corpos de massas diferentes, a aceleração produzida por eles é diferente.[1]

1. **Objetivo**

Estudar o movimento de um corpo sob a ação de uma força conhecida exercida sobre ele, sem o atrito, e verificar a dependência da intensidade da aceleração com a massa do corpo. E também, elaborar gráficos no Sci-Davies para determinar as acelerações estudadas.

1. **Materiais**

 Trilho de ar; Turbina para o fluxo do ar; Carrinho; Sensor ótico; Porta-pesos; Roldana e linha; Cronômetro digital; Pesos aferidos; Fios, hastes e suportes; Dispositivo de lançamento do carrinho com eletroímã.

1. **Procedimento**

* Métodos:

Medimos com uma régua com incerteza instrumental de (0,05 cm) a posição inicial do carrinho (Xo = 22,2 cm **±** 0,05 cm) e logo em seguida empurramos o carrinho até o sensor do cronômetro disparar e registramos a distância percorrida e com isso, captamos 3 tempos para cada 5 distâncias do sensor até a posição inicial do carrinho aferidas e para cada 5 massas distintas no veículo com incerteza instrumental da balança de (0,1 g). Tudo foi registrado em uma tabela que será fornecido nesse relatório. E construímos com esses dados coletados gráficos no Sci-Davies sendo por tempo e (m+M) por 1/a.

* Representação das medidas:

(média da grandeza ± incerteza) unidade da medida

* Valor médio da grandeza:

* Desvio Padrão da grandeza:

* Incerteza do Valor Médio:

* Incerteza Instrumental:

Menor medição do instrumento

* Incerteza Absoluta:

* Incerteza Relativa:

* Erro:

Erro = valor médio - valor real

* Propagação de Incertezas:

Onde, o símbolo ⅆf/ⅆa representa a derivada parcial de f em relação 𝒂, ou seja, a derivada da função f quando apenas 𝒂 é tomada como variável, e b, c, ..., z são consideradas constantes. E σa, σb, ..., σz são os desvios padrões da variável correspondente. [2]

* Fórmulas para a Experiência da “Segunda Lei de Newton”:

; m = Massa pendurada no porta pesos e M = massa do carrinho;

, y = m + M e x = 1/a

1. **Dados Coletados**

Massa do porta peso (m) kg Mantida fixa: **(0,0351 ± 0,0001) kg**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Xo = 0,222 m** |  | ΔX  (m) | σb em  ΔX (m) | Tempo (s) | | | t (s) | σa (s) | σb (s) | σc (s) | Resultado de t (s) |
| Medida 1 | Medida 2 | Medida 3 |
| Massa no  Carrinho  *M1* (kg) =  **(0,2045 ± 0,0001) kg** | ΔX1 | **0,7030** | **0,0005** | **1,0477** | **1,0311** | **1,0373** | **1,0387** | **0,004843** | **0,0001** | **0,004844** | **(1,0387 ± 0,0049)** |
| ΔX2 | **0,5659** | **0,0005** | **0,9197** | **0,9166** | **0,9208** | **0,919033** | **0,001257** | **0,0001** | **0,001261** | **(0,9190 ± 0,0013)** |
| ΔX3 | **0,8534** | **0,0005** | **1,1664** | **1,1501** | **1,1581** | **1,1582** | **0,004706** | **0,0001** | **0,004707** | **(1,1582 ± 0,0047)** |
| ΔX4 | **0,4203** | **0,0005** | **0,7918** | **0,7981** | **0,7990** | **0,7963** | **0,002265** | **0,0001** | **0,002267** | **(0,7963 ± 0,0023)** |
| ΔX5 | **0,6608** | **0,0005** | **1,0111** | **1,0201** | **1,0216** | **1,0176** | **0,003279** | **0,0001** | **0,003280** | **(1,0176 ± 0,0033)** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Xo = 0,222 m** |  | ΔX  (m) | σb em  ΔX (m) | Tempo (s) | | | t (s) | σa (s) | σb (s) | σc (s) | Resultado de t (s) |
| Medida 1 | Medida 2 | Medida 3 |
| Massa no  Carrinho  *M2* (kg) =  **(0,2429 ± 0,0001) kg** | ΔX1 | **0,6932** | **0,0005** | **1,1117** | **1,1264** | **1,1099** | **1,1160** | **0,005226** | **0,0001** | **0,005227** | **(1,1160 ± 0,0052)** |
| ΔX2 | **0,2564** | **0,0005** | **0,6618** | **0,6624** | **0,6627** | **0,6623** | **0,000265** | **0,0001** | **0,000283** | **(0,6623 ± 0,0003)** |
| ΔX3 | **0,6248** | **0,0005** | **1,0536** | **1,0397** | **1,0526** | **1,048633** | **0,004476** | **0,0001** | **0,004477** | **(1,0486 ± 0,0045)** |
| ΔX4 | **0,7992** | **0,0005** | **1,2078** | **1,1962** | **1,1998** | **1,201267** | **0,003428** | **0,0001** | **0,003429** | **(1,2013 ± 0,0034)** |
| ΔX5 | **0,7431** | **0,0005** | **1,1465** | **1,1509** | **1,1533** | **1,150233** | **0,001991** | **0,0001** | **0,001994** | **(1,1502 ± 0,0020)** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Xo = 0,222 m** |  | ΔX  (m) | σb em  ΔX (m) | Tempo (s) | | | t (s) | σa (s) | σb (s) | σc (s) | Resultado de t (s) |
| Medida 1 | Medida 2 | Medida 3 |
| Massa no  Carrinho  *M3* (kg) =  **(0,2629 ± 0,0001) kg** | ΔX1 | **0,7208** | **0,0005** | **1,1731** | **1,1826** | **1,1786** | **1,1781** | **0,002754** | **0,0001** | **0,002756** | **(1,1781 ± 0,0028)** |
| ΔX2 | **0,6509** | **0,0005** | **1,1103** | **1,1068** | **1,1112** | **1,109433** | **0,001342** | **0,0001** | **0,001346** | **(1,1094 ± 0,0013)** |
| ΔX3 | **0,6259** | **0,0005** | **1,0864** | **1,0873** | **1,0935** | **1,089067** | **0,002232** | **0,0001** | **0,002234** | **(1,0891 ± 0,0022)** |
| ΔX4 | **0,5948** | **0,0005** | **1,0665** | **1,0526** | **1,0612** | **1,0601** | **0,004050** | **0,0001** | **0,004051** | **(1,0601 ± 0,0041)** |
| ΔX5 | **0,7668** | **0,0005** | **1,2100** | **1,2021** | **1,1991** | **1,203733** | **0,003251** | **0,0001** | **0,003252** | **(1,2037 ± 0,0033)** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Xo = 0,222 m** |  | ΔX  (m) | σb em  ΔX (m) | Tempo (s) | | | t (s) | σa (s) | σb (s) | σc (s) | Resultado de t (s) |
| Medida 1 | Medida 2 | Medida 3 |
| Massa no  Carrinho  *M4* (kg) =  **(0,3036 ± 0,0001) kg** | ΔX1 | **0,7609** | **0,0005** | **1,2760** | **1,2946** | **1,2759** | **1,282167** | **0,006217** | **0,0001** | **0,006218** | **(1,2822 ± 0,0062)** |
| ΔX2 | **0,6072** | **0,0005** | **1,1274** | **1,1412** | **1,1344** | **1,134333** | **0,003984** | **0,0001** | **0,003985** | **(1,1343 ± 0,0040)** |
| ΔX3 | **0,7372** | **0,0005** | **1,2610** | **1,2455** | **1,2611** | **1,255867** | **0,005183** | **0,0001** | **0,005184** | **(1,2559 ± 0,0052)** |
| ΔX4 | **0,2429** | **0,0005** | **0,7157** | **0,7164** | **0,7164** | **0,716167** | **0,000233** | **0,0001** | **0,000254** | **(0,7162 ± 0,0003)** |
| ΔX5 | **0,4379** | **0,0005** | **0,9606** | **0,9720** | **0,9638** | **0,965467** | **0,003395** | **0,0001** | **0,003396** | **(0,9655 ± 0,0034)** |

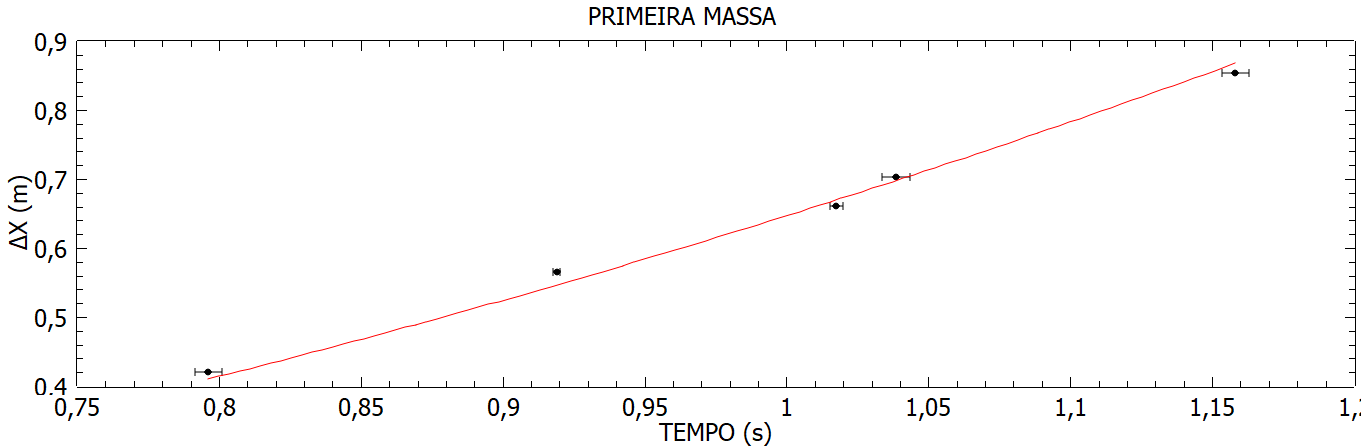
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Xo = 0,222 m** |  | ΔX  (m) | σb em  ΔX (m) | Tempo (s) | | | t (s) | σa (s) | σb (s) | σc (s) | Resultado de t (s) |
| Medida 1 | Medida 2 | Medida 3 |
| Massa no  Carrinho  *M5* (kg) =  **(0,362 ± 0,0001) kg** | ΔX1 | **0,4679** | **0,0005** | **1,0734** | **1,0813** | **1,0850** | **1,0799** | **0,003421** | **0,0001** | **0,003422** | **(1,0799 ± 0,0034)** |
| ΔX2 | **0,6415** | **0,0005** | **1,2653** | **1,2614** | **1,2653** | **1,2640** | **0,0013** | **0,0001** | **0,001304** | **(1,2640 ± 0,0013)** |
| ΔX3 | **0,6951** | **0,0005** | **1,3160** | **1,3390** | **1,3368** | **1,3448** | **0,01853** | **0,0001** | **0,018531** | **(1,3450 ± 0,0190)** |
| ΔX4 | **0,7621** | **0,0005** | **1,4057** | **1,3803** | **1,3794** | **1,388467** | **0,008621** | **0,0001** | **0,008621** | **(1,3884 ± 0,0090)** |
| ΔX5 | **0,6271** | **0,0005** | **1,2648** | **1,2741** | **1,2704** | **1,269767** | **0,002703** | **0,0001** | **0,002705** | **(1,2700 ± 0,0027)** |

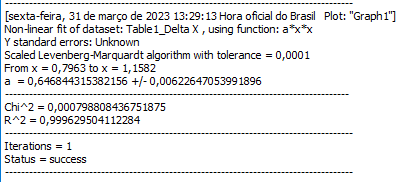
1. **Cálculo dos Valores Médios e Incertezas**

Calculamos os valores médios dos 3 tempos nas 5 massas diferentes dos carrinhos e em 5 distâncias diferentes, logo depois calculamos o desvio padrão para cada valor médio e encontramos enfim a Incerteza Estatística () e com a Incerteza Instrumental () encontramos a Incerteza do valor Médio () e suas respectivas Incertezas Relativas. Os cálculos não serão mostrados, pois provamos em outros relatórios que sabemos realizar os mesmos.

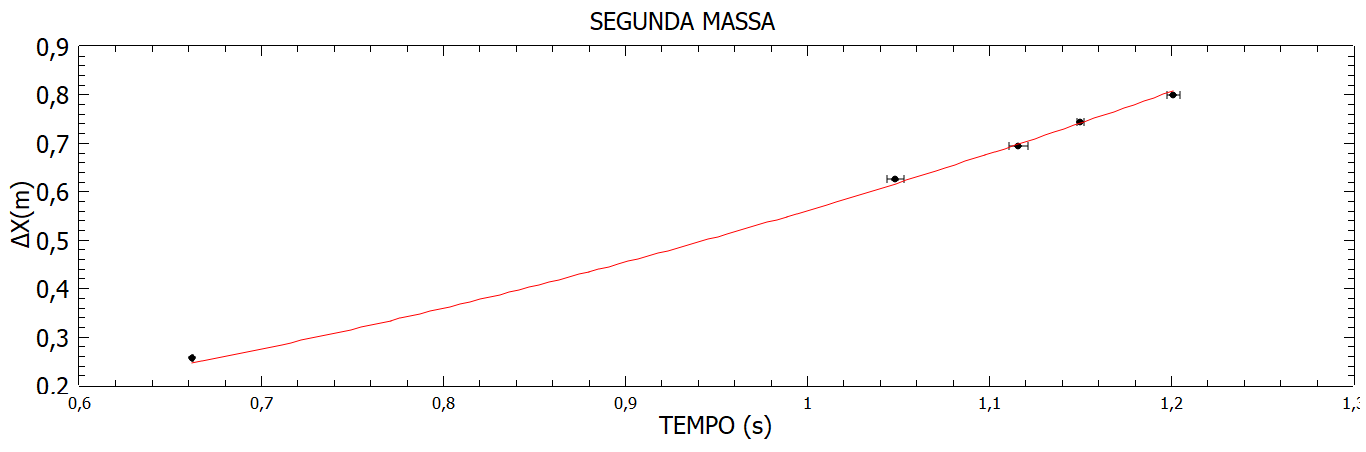
1. **Cálculo da Aceleração: Gráficos no Sci-Davies**

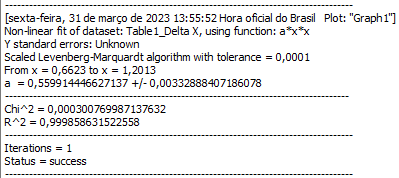
Nesse tópico iremos demonstrar o cálculo da aceleração de cada carrinho e em diferentes distâncias e diferentes massas utilizando o Sci-Davies.

* Aceleração do Carrinho 1 com massa M1 = **(0,2045 ± 0,0001) kg**;

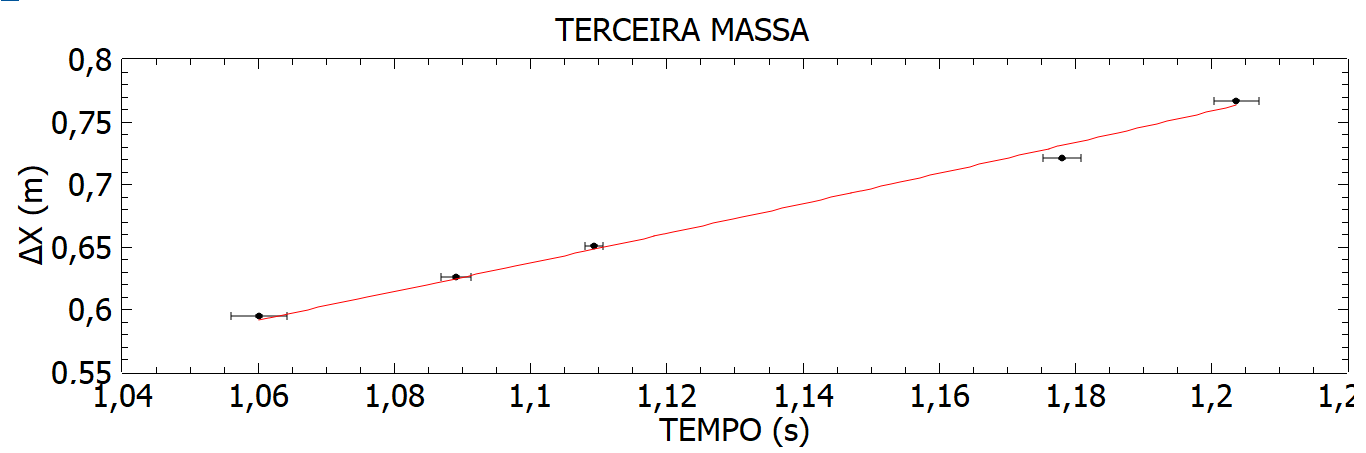
****

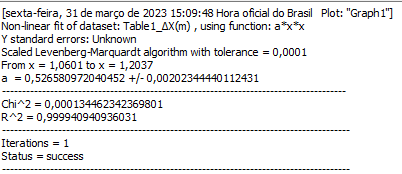
Logo, a aceleração do Carrinho 1 pelo Ajuste Não Linear realizado será 2 \* a e sua incerteza por propagação de Incertezas será 2 \* , sendo os respectivos valores gerados pelo gráfico no Sci-Davies. Aceleração = (2 \* 0,647 ±2 \* 0,006) => **Aceleração 1 = (1,294 ± 0,012) m/s²**.

* Aceleração do Carrinho 2 com massa M2 = **(0,2429 ± 0,0001) kg**



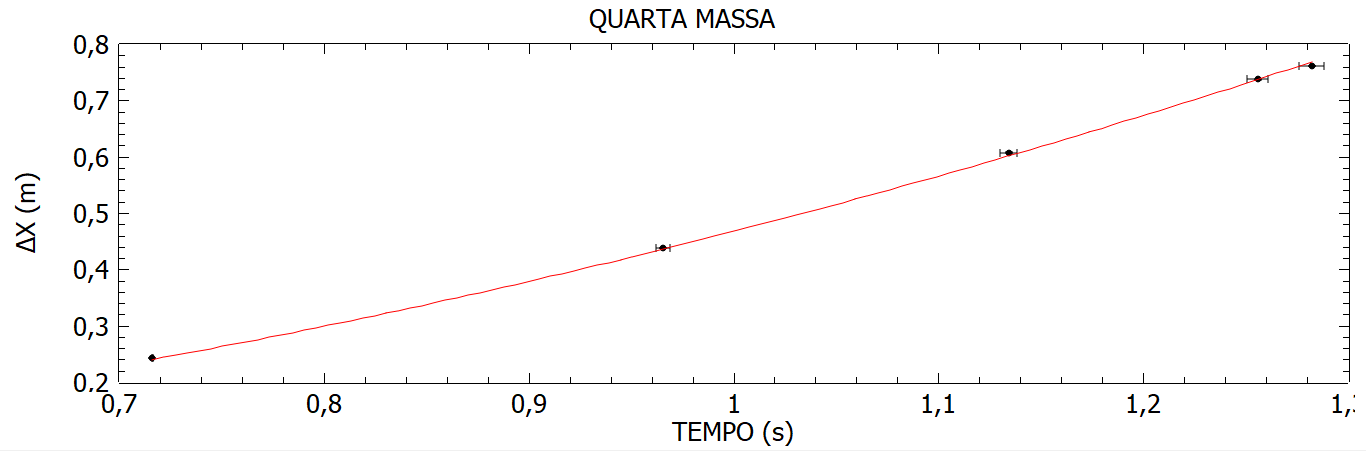
Logo, a aceleração do Carrinho 2 pelo Ajuste Não Linear realizado será 2 \* a e sua incerteza por propagação de Incertezas será 2 \* , sendo os respectivos valores gerados pelo gráfico no Sci-Davies. Aceleração = (2 \* 0,560 ±2 \* 0,003) => **Aceleração 2 = (1,120 ± 0,003) m/s²**.

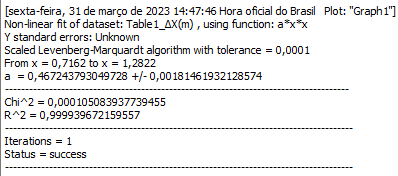
* Aceleração do Carrinho 3 com massa M3 = **(0,2629 ± 0,0001) kg**



Logo, a aceleração do Carrinho 3 pelo Ajuste Não Linear realizado será 2 \* a e sua incerteza por propagação de Incertezas será 2 \* , sendo os respectivos valores gerados pelo gráfico no Sci-Davies. Aceleração = (2 \* 0,527 ±2 \* 0,002) => **Aceleração 3 = (1,054 ± 0,004) m/s²**.

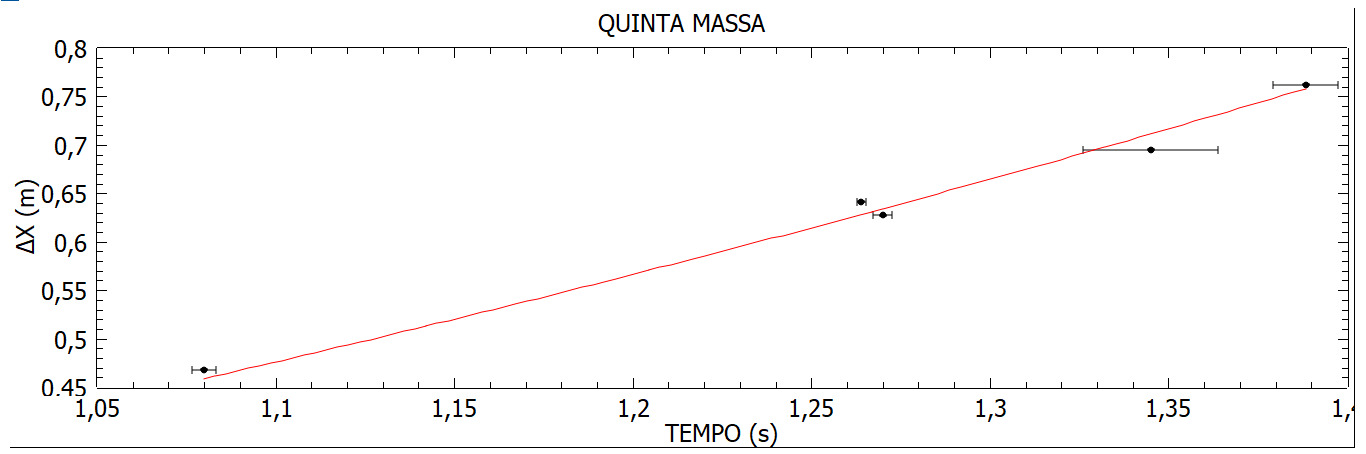
* Aceleração do Carrinho 4 com massa M4 = **(0,3036 ± 0,0001) kg**

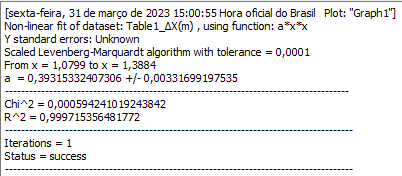


****

Logo, a aceleração do Carrinho 4 pelo Ajuste Não Linear realizado será 2 \* a e sua incerteza por propagação de Incertezas será 2 \* , sendo os respectivos valores gerados pelo gráfico no Sci-Davies. Aceleração = (2 \* 0,467 ±2 \* 0,002) => **Aceleração 4 = (0,934 ± 0,004) m/s²**.

* Aceleração do Carrinho 5 com massa M5 = **(0,362 ± 0,0001) kg**



****

Logo, a aceleração do Carrinho 5 pelo Ajuste Não Linear realizado será 2 \* a e sua incerteza por propagação de Incertezas será 2 \* , sendo os respectivos valores gerados pelo gráfico no Sci-Davies. Aceleração = (2 \* 0,393 ±2 \* 0,003) => **Aceleração 5 = (0,786 ± 0,006) m/s²**.

1. **Construção de Gráfico (m + M) versus 1/a**

Vamos trazer a aceleração dos 5 sistemas e relembrar a fórmula: ;

m = Massa pendurada no porta pesos e M = massa do carrinho;

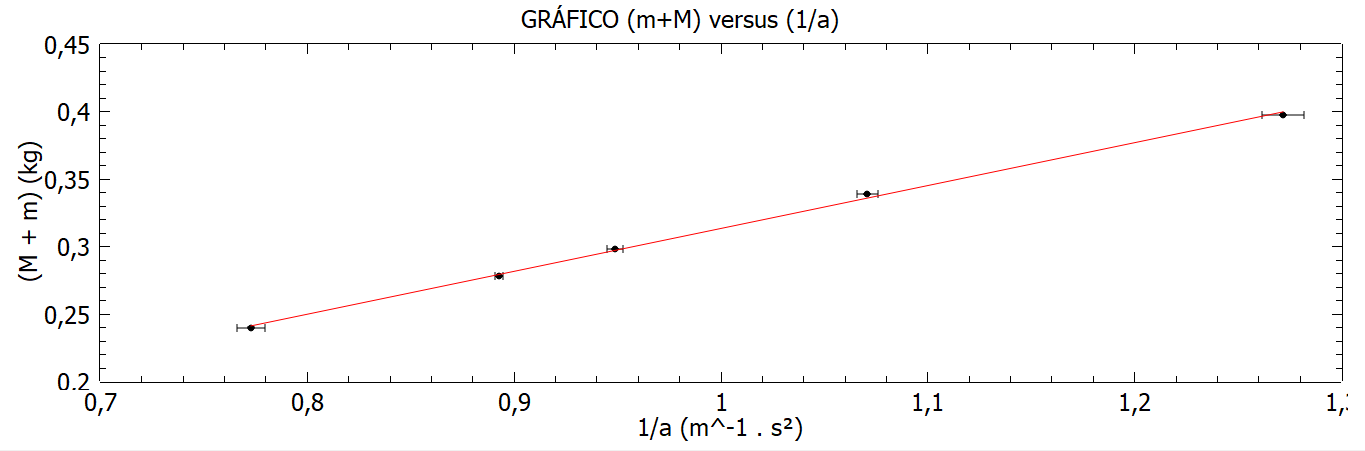
* **Aceleração 1 = (1,294 ± 0,012) m/s²**
* **Aceleração 2 = (1,120 ± 0,003) m/s²**
* **Aceleração 3 = (1,054 ± 0,004) m/s²**
* **Aceleração 4 = (0,934 ± 0,004) m/s²**
* **Aceleração 5 = (0,786 ± 0,006) m/s²**

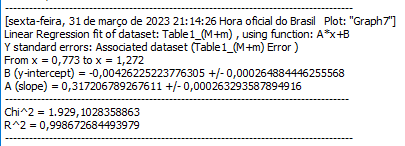
Precisamos saber o valor de (1/a **±** )para cada valor de aceleração.

1. **Aceleração 1:** e a incerteza de 1/a deve ser feita por propagação de incertezas da seguinte forma: . Logo, teremos o valor de como . Logo, o valor para (1/a **±** ) será e com Incerteza Relativa de .
2. **Aceleração 2:** e a incerteza de 1/a deve ser feita por propagação de incertezas da seguinte forma: . Logo, teremos o valor de como . Logo, o valor para (1/a **±** ) será e com Incerteza Relativa de .
3. **Aceleração 3:** e a incerteza de 1/a deve ser feita por propagação de incertezas da seguinte forma: . Logo, teremos o valor de como . Logo, o valor para (1/a **±** ) será  e com Incerteza Relativa de .
4. **Aceleração 4:** e a incerteza de 1/a deve ser feita por propagação de incertezas da seguinte forma: . Logo, teremos o valor de como . Logo, o valor para (1/a **±** ) será e com Incerteza Relativa de .
5. **Aceleração 5:** e a incerteza de 1/a deve ser feita por propagação de incertezas da seguinte forma: . Logo, teremos o valor de como . Logo, o valor para (1/a **±** ) será  e com Incerteza Relativa de .

Precisamos saber o valor de ((m + M) ± )para cada valor de massas dos carrinhos.

1. **Carrinho 1:** Tem massa M1 = **(0,2045 ± 0,0001) kg** e massa m do porta pesos fixa para todos os experimentos no valor de m = **(0,0351 ± 0,0001) kg.** Logo, a massa conjugada de (m + M) será de (0,0351 + 0,2045) = (0,2396) kg. E sua incerteza deve ser encontrada pela propagação de incertezas da seguinte maneira: = = 0,0001. Logo teremos ((m + M) ± ) como sendo: **(0,2396 ± 0,0001) kg** e com Incerteza Relativa de .
2. **Carrinho 2:** Tem massa M2 = **(0,2429 ± 0,0001) kg** e massa m do porta pesos fixa para todos os experimentos no valor de m = **(0,0351 ± 0,0001) kg.** Logo, a massa conjugada de (m + M) será de (0,0351 + 0,2429) = (0,2780) kg. E sua incerteza deve ser encontrada pela propagação de incertezas da seguinte maneira: = = 0,0001. Logo teremos ((m + M) ± ) como sendo: **(0,2780 ± 0,0001) kg** e com Incerteza Relativa de .
3. **Carrinho 3:** Tem massa M3 = **(0,2629 ± 0,0001) kg** e massa m do porta pesos fixa para todos os experimentos no valor de m = **(0,0351 ± 0,0001) kg.** Logo, a massa conjugada de (m + M) será de (0,0351 + 0,2629) = (0,2980) kg. E sua incerteza deve ser encontrada pela propagação de incertezas da seguinte maneira: = = 0,0001. Logo teremos ((m + M) ± ) como sendo: **(0,2980 ± 0,0001) kg** e com Incerteza Relativa de %.
4. **Carrinho 4:** Tem massa M4 = **(0,3036 ± 0,0001) kg** e massa m do porta pesos fixa para todos os experimentos no valor de m = **(0,0351 ± 0,0001) kg.** Logo, a massa conjugada de (m + M) será de (0,0351 + 0,3036) = (0,3387) kg. E sua incerteza deve ser encontrada pela propagação de incertezas da seguinte maneira: = = 0,0001. Logo teremos ((m + M) ± ) como sendo: **(0,3387 ± 0,0001) kg** e com Incerteza Relativa de .
5. **Carrinho 5:** Tem massa M5 = **(0,3620 ± 0,0001) kg** e massa m do porta pesos fixa para todos os experimentos no valor de m = **(0,0351 ± 0,0001) kg.** Logo, a massa conjugada de (m + M) será de (0,0351 + 0,3620) = (0,3971) kg. E sua incerteza deve ser encontrada pela propagação de incertezas da seguinte maneira: = = 0,0001. Logo teremos ((m + M) ± ) como sendo: **(0,3971 ± 0,0001) kg** e com Incerteza Relativa de

Podemos agora demonstrar o Gráfico (M+m) versus 1/a:



Podemos agora encontrar a Gravidade dividindo coeficiente A encontrado pelo Sci-Davies pela massa do porta peso Fixo em todo experimento, sendo assim temos: . E sua incerteza encontramos propagando por incertezas a fórmula usada A/m dessa maneira:

Logo, teremos uma gravidade de **(9,04 ± 0,03) m/s²** e Incerteza Relativa de 0,00332 0,332%.

1. **Conclusão**

O grupo utilizou instrumentos de laboratório para medir o tempo que o carrinho levava para percorrer 5 posições diferentes com 5 massas diferentes. Com os dados coletados, o grupo calculou a aceleração de cada carrinho, plotando as informações no software Sci-Davis. A partir disso, encontraram uma estimativa para o valor da gravidade, g = (9,04 ± 0,03) m/s². Comparando com o valor de referência de 9,78 m/s², o erro absoluto foi de - 0,74 e o erro relativo de - 7,6%. Essa divergência se deu pelo sistema não ser ideal e ter interferência de forças externas e pela incerteza dos instrumentos. O experimento permitiu ao grupo aprender a manusear novos instrumentos e compreender o processo de cálculo da aceleração e suas incertezas.

**10. Referências**

[1] Fabiana Dias, Segunda Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica), disponível em:

https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/segunda-lei-de-newton-principio-fundamental-da-dinamica, acesso em: 24/03/2023

[2] Propagação de Incerteza, disponível em:

<https://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/guias/roteiro_incertezas_2015.pdf>, acesso

em 17/02/2023