



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

MEDIR É PRECISO?

(Guia do Aluno)

Lohan Walker
Germano M. Penello
Gustavo Rubini

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Lohan Walker apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro

Outubro de 2022

Guia Experimental do Aluno - Parte I

Caros alunos, este guia experimental tem o objetivo conduzir vocês em atividades de medição para que possam começar a desenvolver algumas habilidades relacionadas às práticas de laboratório. As atividades devem ser realizadas em grupos de até 5 alunos.

Materiais necessários para o experimento:

- ✓ **Balança digital;**
- ✓ **Seringa de 20 ml;**
- ✓ **20 copos descartáveis de 200 ml;**
- ✓ **Uma garrafa de plástico (aproximadamente 250 ml);**
- ✓ **Óleo de soja (aproximadamente 200 ml);**
- ✓ **Água (aproximadamente 200 ml);**
- ✓ **Calculadora;**

Na Tabela 1, escrevam seus nomes ao lado de cada número abaixo, estes números serão utilizados ao longo do Guia Experimental.

Tabela 1 – Nomes dos alunos.

Aluno	Nome:
1	
2	
3	
4	
5	

ETAPA 1

1.1 - Em um primeiro momento peguem a garrafa de plástico e encham-na por completo com água. Peguem a balança digital e a posicionem sobre uma superfície plana e horizontal. Cada integrante do grupo (um de cada vez) deve colocar a garrafa sobre a balança e registrar na tabela 2 o valor de massa encontrada em cada uma das medições na leitura da balança. Vamos a partir de agora considerar o termo “leitura” como o número que aparece no visor da balança.

Tabela 2 – Leitura de massa da garrafa.

Garrafa com água	
Aluno	Massa (g)
1	
2	
3	
4	
5	

1.2 - Após realizar as medições discuta em grupo. As massas obtidas apresentaram valores diferentes umas das outras? Se sim, por que isso aconteceu?

1.3 – Compare a resposta do item **1.2** do seu grupo com a resposta do mesmo item de outro grupo. Os grupos pensaram a mesma coisa? Discutam entre si as justificativas para suas respostas.

Baseando-se nas observações feitas no item anterior, percebe-se que medidas experimentais podem variar em torno de um valor; esta variabilidade de valores está associada à ideia de **incerteza de medição**. Neste caso, pode-se propor que um **valor razoável** para a massa da garrafa seja a **média** dos valores medidos e uma estimativa da **incerteza (σ)** associada a essa medida, pode ser realizada da seguinte forma:

$$\text{ESTIMATIVA DA INCERTEZA} = \frac{\text{VALOR MÁXIMO} - \text{VALOR MÍNIMO}}{2}$$

Observação: Toda medida experimental deve conter um **valor**, sua **incerteza** e a **unidade de medida**. Exemplo:

$$\text{massa} = 2,5 \pm 0,8 \text{ g}$$

A estimativa do valor da massa também pode ser compreendida na forma de um conjunto de valores. O valor de **massa = 2,5 ± 0,8 g** pode ser representado como sendo **massa = [1,7 ; 3,3] g**. Ou seja, o valor desta massa está compreendido entre 1,7 g e 3,3 g.

1.4 - Obtenham uma estimativa para o valor da massa da garrafa com água. Usem os valores de massa registrados por vocês na tabela 2.

ETAPA 2

2.1 - Peguem um copo descartável. Cada integrante do grupo deve colocar o copo descartável vazio sobre a balança e registrar, na tabela 3, o valor de massa encontrada na leitura da balança.

Tabela 3 – Medida de massa do copo vazio.

Copo Vazio	
Aluno	Massa (g)
1	
2	
3	
4	
5	

2.2 - Discutam sobre o resultado encontrado e anatem as conclusões.

É válido o grupo pensar que de fato o copo tem massa, pois sobre ele é exercida uma força peso. Um dos indícios de que sobre um corpo é aplicada uma força peso é o fato de que se elevarmos o copo e soltarmos no ar ele certamente cairá.

Por isso, se a massa do copo não pode ser zero, precisamos determinar uma maneira de estimar a massa do copo. A seguir iremos criar um procedimento para fazer essa estimativa.

2.3 – Peguem 20 copos descartáveis de 200 ml. Coloquem os copos uns sobre os outros, fazendo assim, uma pilha de copos. Cada aluno irá posicionar os copos sobre a balança e registrar um a um os valores de massa encontrada na leitura da tabela 4.

Tabela 4 – Leituras de massa com 20 copos.

Pilha de copos vazio	
Aluno	Massa (g)
1	
1	
2	
2	
3	
3	
4	
4	
5	
5	

2.3.1 - Qual foi o maior valor de massa encontrada?

2.3.2 - Qual foi o menor valor de massa encontrada?

2.3.3 - Obtenha uma estimativa para o valor da massa dos 20 copos.

O valor encontrado acima foi o valor da massa dos 20 copos descartáveis juntos. Considerando que todos os copos são perfeitamente iguais e possuem a mesma massa, pode-se estimar o valor da massa de um único copo. Nesse caso, para encontrar o valor da massa de apenas 1 copo, pega-se o valor e divide-se por 20, assim como a incerteza encontrada será dividida por 20.

2.3.4 - Estimem a massa de apenas 1 copo, juntamente com sua incerteza.

--

ETAPA 3

3.1 - Agora peguem a seringa e dois copos descartáveis. Um copo deve ser preenchido com água e o outro copo deve ser preenchido com óleo de soja. Preenchem cada um dos copos, com um auxílio da seringa, até um volume de 60 ml, garantindo que o volume nos dois copos seja igual.

3.2 - Façam medidas do sistema do copo com água e também do sistema copo com óleo. Preenchem a tabela 5 com as informações coletadas.

Tabela 5 – Leitura de massa do copo com água e copo com óleo.

Copo com água	
Aluno	Massa (g)
1	
2	
3	
4	
5	

Copo com óleo	
Aluno	Massa (g)
1	
2	
3	
4	
5	

Estimem o valor da massa do copo com água e do copo com óleo e suas respectivas incertezas.

3.3 - Qual sistema registrou maior massa, copo com água ou copo com óleo?

3.4 - Prevejam o que acontecerá se despejarmos lentamente os dois líquidos em um único recipiente: qual líquido ficaria em cima e qual ficaria em baixo? Por quê?

3.5 - Agora, peguem o copo com água e despejem lentamente a água no outro copo contendo óleo.

3.5.1 - Após alguns segundos como ficou a configuração final dos dois líquidos em um mesmo copo? O fenômeno observado está de acordo com a previsão que o grupo fez no item **3.4**?

Neste momento é importante ser apresentada a definição de **densidade (d)**, que é uma grandeza física que está relacionado com a massa de um corpo (m) e o volume (V) que este corpo possui.

$$d = \frac{m}{V}$$

A unidade de medida da densidade usada será $\frac{g}{ml}$. O cálculo da incerteza da densidade pode ser feito da maneira a seguir.

a) Realizar uma estimativa do **limite superior** da densidade.

$$\text{Limite superior} = \frac{\text{maior valor medido de massa}}{\text{menor valor medido de volume}}$$

b) Realizar uma estimativa do **limite inferior** da densidade.

$$\text{Limite inferior} = \frac{\text{menor valor medido da massa}}{\text{maior valor medido do volume}}$$

Segue abaixo um exemplo de como estimar a incerteza da densidade de um líquido, a partir de medidas de massa e de volume.

$$\begin{aligned} \text{massa} &= 102 \pm 4 \text{ g} \\ \text{volume} &= 99,0 \pm 0,5 \text{ ml} \end{aligned}$$

Tabela 6 – Medidas do limite superior e inferior de um exemplo sobre densidade.

	Maior valor medido	Menor valor medido
Massa	106	98
Volume	99,5	98,5

$$\text{Limite superior da densidade} = 106/98,5 = 1,08 \frac{g}{ml}$$

$$\text{Limite inferior da densidade} = 98/99,5 = 0,98 \frac{g}{ml}$$

c) Para estimar a incerteza da densidade

$$\text{incerteza} = \frac{\text{limite superior} - \text{limite inferior}}{2}$$

Então, nesse caso:

$$\text{incerteza} = \frac{1,08 - 0,98}{2} \rightarrow \text{incerteza} = 0,05 \frac{g}{ml}$$

Observação: A incerteza do volume pode ser estimada com o seguinte pensamento. Imaginem que uma medida foi realizada e o seu volume está representado pelo ponto registrado na figura 1.

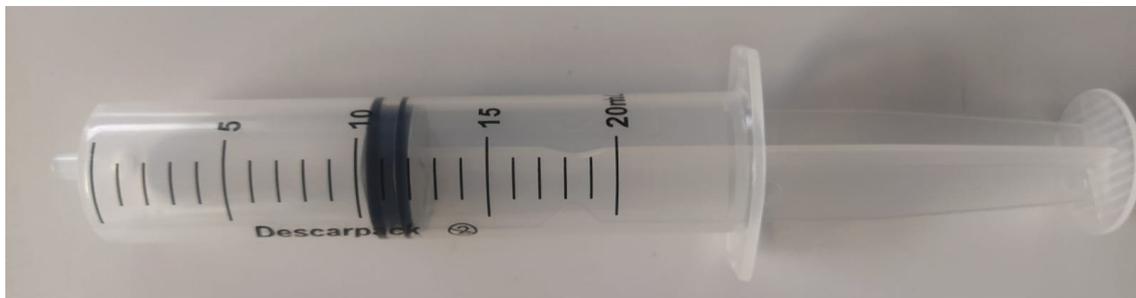


Figura 1 – A leitura da seringa está entre 10 ml e 11 ml e o valor medido deve ser estimado considerando as subdivisões da escala.

Na seringa de 20 ml representada na figura 1 cada divisão da seringa representa 1 ml. Neste caso a leitura da seringa não coincide com nenhuma das marcações na escala. O valor pode estar entre 10 ml e 11 ml, ou seja, existe erro de leitura ou julgamento do observador quanto à estimativa. Para este caso podemos estimar a incerteza como sendo a metade da menor divisão da seringa, ou seja 0,5 ml.

$$\Delta v = \frac{1 \text{ ml}}{2} \rightarrow \Delta v = 0,5 \text{ ml}$$

Para apenas uma medição com a seringa será utilizado 0,5 ml para a estimativa de incerteza. Porém a cada nova medida é necessário saber a nova incerteza associada a esta medição. Para isso existe uma relação de estimativa de incerteza, representada na equação 1.

$$i_c = \sqrt{i_1^2 + i_2^2 + \dots + i_N^2} \text{ equação (1).}$$

Onde, i_c é a incerteza combinada e i_N são as incertezas associada aos dados experimentais das N medidas. Na tabela 7 encontram-se os valores das incertezas que deverão ser utilizadas para o volume a partir deste ponto do guia.

Tabela 7 – Valores para a incerteza do volume com seringa.

Número de medidas com a seringa	Estimativa de incerteza (ml)
1	0,5
2	0,7
3	0,9
4	1,0
5	1,1

Com essas informações, o grupo já consegue estimar o valor da densidade da água e do óleo.

3.6 - Estimem o valor da densidade e da incerteza dos líquidos água e óleo com os dados preenchidos na tabela 5. Qual dos líquidos possui maior densidade?

Observação: É necessário descontar o valor da massa do copo para poder calcular a densidade dos líquidos aqui mencionados.

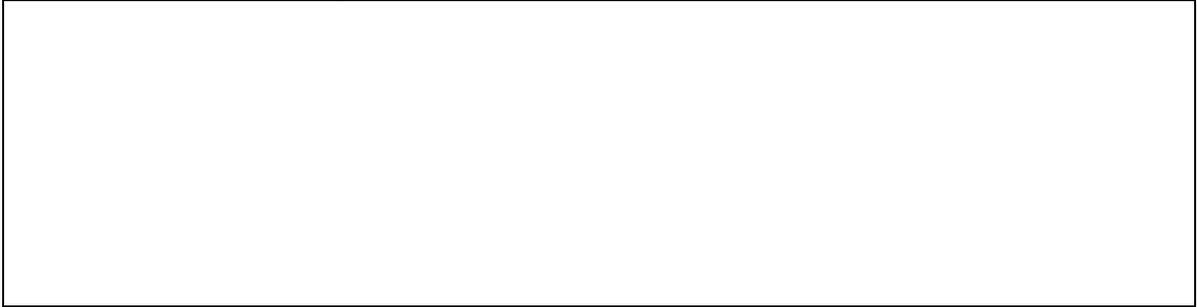


No item **3.5.1** o grupo observou como ficou a configuração água e óleo no copo. Então pode-se pensar em dois casos diferentes:

HIPÓTESE A: O líquido que ficou na parte de baixo do copo possui uma massa maior que o líquido que ficou na parte de cima.

HIPÓTESE B: O líquido que ficou na parte de baixo do copo possui uma densidade maior que o líquido que ficou na parte de cima.

3.7 - É possível descartar alguma das duas hipóteses acima com os dados obtidos até o momento? Justifiquem.



Reflitam sobre como poderíamos testar estas hipóteses. Continuaremos esta atividade na próxima aula.

Guia Experimental do Aluno - Parte II

Caros alunos, esta é a parte II do guia experimental. Os grupos serão os mesmos do último encontro. O encontro dessa semana tem por objetivo chegar a uma conclusão sobre as hipóteses feitas no último encontro. Vocês vão obter dados experimentais por meio da utilização da seringa e da balança como instrumentos de medida. Além disso, poderão compreender melhor sobre a relação entre a estimativa de incerteza e precisão.

Segue a lista de materiais necessários:

- ✓ **Balança digital;**
- ✓ **Seringa de 20 ml;**
- ✓ **Copos descartáveis de 200 ml;**
- ✓ **Óleo de soja (aproximadamente 200 ml);**
- ✓ **Água (aproximadamente 200 ml);**
- ✓ **Calculadora;**

ETAPA 4

Na última aula, observamos um fenômeno e foram apresentadas duas hipóteses para explicá-lo:

HIPÓTESE A: O líquido que ficou na parte de baixo do copo possui uma massa maior que o líquido que ficou na parte de cima.

HIPÓTESE B: O líquido que ficou na parte de baixo do copo possui uma densidade maior que o líquido que ficou na parte de cima.

Na Ciência, as hipóteses nunca podem ser confirmadas apenas rejeitadas (ou descartadas). Para o progresso científico, é sempre desejável descartar hipóteses de maneira a ficar com apenas uma hipótese plausível que sustente os resultados experimentais.

4.1 – Pensem em alguma proposta ou ideia experimental a fim de descartar a hipótese A ou a hipótese B. Registrem abaixo o resultado da discussão do grupo.

Discuta com o professor e com os outros grupos as ideias registradas no item **4.1**.

4.2 – Nesse momento serão realizadas novas medidas da massa de água e da massa de óleo, porém agora com volumes diferentes. Peguem dois copos plásticos descartáveis. Preencham um copo com 30 ml de água com o auxílio da seringa. No outro copo preenchem com 60 ml de óleo, também utilizando a seringa.

4.2.1 - Estimem a massa do copo com água e a massa do copo com óleo utilizando a balança e registrem na tabela 8.

Tabela 8 – Leitura de massa do copo com água e copo com óleo.

Copo com água	
Aluno	Massa (g)
1	
2	
3	
4	
5	

Copo com óleo	
Aluno	Massa (g)
1	
2	
3	
4	
5	

--

4.2.2 - Qual sistema possui maior massa, copo com água ou copo com óleo?

4.2.3 - Calculem a densidade dos líquidos água e óleo com os dados preenchidos na tabela 7. Qual possui maior densidade?

Observação: Lembrem-se de descontar a massa do copo descartável, encontrado no item **2.3.4** do Guia Experimental **Parte I**.

4.3 - Prevejam o que acontecerá se despejarmos lentamente os dois líquidos em um único recipiente, qual líquido ficaria em cima e qual ficaria em baixo? Por quê?

4.4 - Agora, peguem o copo com água e despejem lentamente a água no outro copo contendo óleo.

4.4.1 - Após uns instantes como ficou a configuração final dos dois líquidos em um mesmo copo? Ela é igual à do item **3.5.1** quando os volumes eram iguais, feito no Guia Experimental **Parte I**?

Depois de finalizada esta etapa podemos retornar às hipóteses A e B feitas anteriormente.

HIPÓTESE A: O líquido que ficou na parte de baixo do copo possui uma massa maior que o líquido que ficou na parte de cima.

HIPÓTESE B: O líquido que ficou na parte de baixo do copo possui uma densidade maior que o líquido que ficou na parte de cima.

4.4.2 - A partir dos resultados obtidos, é possível descartar alguma das hipóteses? Justifiquem.

4.5 - Comparem os valores medidos para a densidade da água dos itens **3.6** (Guia Experimental **Parte I**) e **4.2.3** (Guia Experimental **Parte II**).

Tabela 9 – Comparação entre densidade da água com volumes diferentes.

Densidade de 60 ml de água	Densidade de 30 ml de água

4.5.1 – O que é possível afirmar sobre a densidade da água a partir da tabela 9?

ETAPA 5

5.1 - Peguem a balança e posicionem ela em uma superfície plana e horizontal. Em seguida coloquem o copo plástico descartável com água sobre a balança. Preencham a tabela 10 fazendo, para cada um dos valores de volume presentes na tabela 10, 5 medidas da massa da água e estimando o seu valor e sua incerteza. Lembrem-se de descontar a massa do copo encontrada no item 2.1.4 no **Guia Experimental Parte I**.

Tabela 10 – Valores medidos de volume e massa de água.

Volume da Água (ml)	Leituras da Massa da Água (g)	Medida da Massa da Água (g)
20,0 ± 0,5	• • • • •	
40,0 ± 0,8	• • • • •	
60,0 ± 1,0	• • • • •	
80,0 ± 1,2	• • • • •	
100,0 ± 1,5	• • • • •	

A partir destes dados coletados é possível obter a densidade da água.

ETAPA 6

6.1 - Tendo como referência os dados da tabela 10 **calculem a densidade da água para cada linha** e preencham a tabela 11. Qualquer dúvida no cálculo da densidade e sua incerteza o grupo poderá lembrar através das páginas 7 e 8 do Guia Experimental Parte 1.

--

Observação: Não esqueçam que toda medida tem valor, incerteza e unidade de medida.

Tabela 11 – Estimativas de densidade e incerteza da água.

Medida de Volume da Água (ml)	Medida de Massa da Água (g)	Valor da Densidade da Água (g/ml)	Limite Superior da Densidade (g/ml)	Limite Inferior da Densidade (g/ml)	Estimativa da incerteza (g/ml)
20,0 ± 0,5					
40,0 ± 0,7					
60,0 ± 0,9					
80,0 ± 1,0					
100,0 ± 1,1					

6.2 – Observando a tabela 11 o grupo consegue identificar padrões dos dados preenchidos? Justifique.

6.3 – Compare com outro grupo os padrões observados na tabela 11.

ETAPA 7

Até agora utilizamos um método que superestima as incertezas experimentais. A diferença entre o maior e o menor valor se chama **amplitude** e até o momento utilizou-se a metade da amplitude como estimativa simplificada de incerteza.

7.1 - A partir daqui o professor utilizará os dados que o grupo obteve para mostrar, através de uma planilha eletrônica alguns padrões encontrados. Todos os grupos quando chegarem neste item devem parar e esperar os demais para seguirem juntos com o professor.

A metade da amplitude de medida é uma estimativa grosseira da incerteza pois utiliza apenas os dois valores extremos, porém é possível obter estimativas com incertezas menores, por meio da utilização de todos os pontos medidos no conjunto de dados. Existem outras formas de se obter uma melhor estimativa para a incerteza e que levam em consideração todo o conjunto de dados. Verifique com seu professor algumas dessas formas.

7.2 - Depois da análise juntamente com o professor. Quais padrões foram observados pelo grupo a partir dos dados colocados na planilha?

7.3 – O valor medido de uma grandeza se torna mais preciso a partir de um único dado analisado ou a partir de um conjunto de dados? Justifiquem.

7.4 – Observando os dados medidos para essa faixa de volume, é possível afirmar que a densidade da água é constante? Justifiquem.

7.5 – Se a resposta ao item **7.4** foi positiva, qual foi o valor encontrado para a densidade da água? Se a resposta for negativa, justifiquem.

ETAPA 8

Nessas atividades do Guia Experimental parte I e II, vocês tiveram contato com alguns pontos importantes para o raciocínio científico e para o desenvolvimento de práticas experimentais relacionadas ao processo de medição.

Nessas atividades do Guia Experimental foi visto que toda medida deve ser representada através de um **valor**, uma **incerteza** e **unidade de medida**. Foi reforçada a importância do uso correto dos algarismos significativos na representação dos valores e das incertezas.

Nessas atividades do Guia Experimental, vocês fizeram medidas diretas e medidas indiretas. Associe a seguir a definição sobre o que é medida direta e medida indireta.

a) Medidas diretas são	() medições feitas a partir da relação matemática entre uma ou mais grandezas
b) Medidas indiretas são	() medidas feitas a partir da leitura de um instrumento de medição e envolve apenas uma grandeza.

A partir dessas medidas, vocês puderam estimar as incertezas experimentais seja pela resolução do instrumento de medida ou pela variabilidade do conjunto dos dados experimentais. Essas incertezas estão associadas à precisão de uma medida, ou seja, quanto menor a incerteza mais precisa é a medida. Também foram analisadas as incertezas absolutas e as incertezas relativas do conjunto de dados.

A comparação entre os valores medidos e o valor de referência indicam o grau de concordância entre eles, ou seja, a exatidão ou acurácia de uma medida.

a) Precisão	() É relacionada com a incerteza de um valor medido, obtido por medições repetidas.
b) Exatidão (ou Acurácia)	() É a comparação entre os valores medidos e o valor de referência, indicando o grau de concordância entre eles.

Esses conceitos relacionados à medição foram necessários para que pudéssemos investigar propriedades de alguns fluidos. Vocês verificaram que densidade da água permaneceu constante para os volumes medidos. Logo, a água se comporta como um líquido incompressível nestes volumes analisados.

Vocês puderam testar e descartar hipóteses a partir dos dados coletados e analisados, uma parte essencial do processo científico.

Espero que tenham gostado e aproveitado o aprendizado adquirido com esta atividade experimental.