

Uma atividade experimental sobre Medidas no laboratório didático de Física em cursos de Engenharia

RESUMO

Apresenta-se nesse trabalho a proposta de uma atividade experimental sobre Medidas em laboratório didático de Física a ser aplicada em turmas de alunos recém ingressos em cursos de Engenharia. Propõe-se a determinação do peso específico do material de um corpo de prova por meio de dois métodos diferentes: a partir de medidas diretas do peso e do volume (ρ_d) utilizando-se de dinamômetro e copo graduado e a partir de medidas indiretas do peso e do volume (ρ_i) utilizando-se de paquímetro e balança eletrônica. Usou-se valor da aceleração da gravidade do local pré determinada pelo método da geodésica. Por meio da atividade proposta entende-se ser possível levar os alunos a conhecer e aplicar critérios de cálculos no laboratório além de conhecer e realizar medições com instrumentos de medida.

PALAVRAS-CHAVE: Laboratório didático; Ensino de Física em Engenharia; Medidas.

Vitor Otávio Ochoski Machado

vitorvooom@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Pedro Leineker Ochoski Machado

pedmac@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Matheus Daleffe Nespolo

mnespolo@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Lucas Vinícius Borges da Silva

bs.lucas@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Vinicius Machado

vinmac@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

INTRODUÇÃO

O ensino de Física nos cursos de bacharelado de Engenharia invariavelmente vem sendo desenvolvido por meio de aulas teóricas, resolução de problemas e/ou ensino no laboratório, com ou sem o apoio de recursos eletrônicos.

No que se refere ao ensino no laboratório, entende-se que ao propor uma atividade experimental em um curso de Engenharia, deve-se, mais do que ter por objetivo contribuir para que os alunos adquiram e exercitem novas habilidades mecânicas - realizar medidas -, também adquiram, apliquem e/ou exercitem conhecimentos ou cuidados que lhes permitam realizar essas medidas com qualidade, ou seja, evitando erros.

Assim, tem-se por objetivo, nesse trabalho, apresentar a proposta de uma atividade de ensino experimental sobre medidas em um laboratório didático de Física 1, vislumbrando levar os alunos a conhecer instrumentos de medidas, realizar medições e realizar cálculos seguindo critérios e cuidados pré estabelecidos.

MEDIDAS NO LABORATÓRIO: CRITÉRIOS

MEDIDAS DIRETAS

Diferentemente das atividades em uma aula teórica em que os alunos recebem do professor ou de um livro didático medidas prontas para realizarem um cálculo ou resolver um problema, pois no laboratório os alunos necessitam realizar medições.

Medição é uma ação, é um procedimento. O objetivo de uma medição é determinar o valor do mensurando, isto é, o valor da grandeza específica a ser medida. Uma medição começa, portanto, com uma especificação apropriada do mensurando, do método de medição e do procedimento de medição. O resultado de uma medição é a medida (TABACNIKS, 2003, p.06).

E, ao realizar as medições de uma grandeza, podem-se encontrar medidas diretas ou indiretas.

A medida direta é o resultado da leitura de um instrumento de medida, como por exemplo, um comprimento com uma régua graduada, ou ainda a de um intervalo de tempo com um cronômetro. Uma medida indireta é a que resulta da aplicação de uma equação matemática que relaciona a grandeza a ser medida com outras diretamente mensuráveis (LIMA, p.17 e 18).

Contudo, mais do que encontrar essas medidas, há que se buscar encontrá-las obtendo o resultado mais próximo da realidade possível, pois, conforme comentam Lima “A medida de uma grandeza física é sempre aproximada, por mais experiente que seja o operador e por mais preciso que seja o aparelho utilizado” (2010, p.16) e Tabacniks “Uma medição tem imperfeições que dão origem a um erro no resultado da medição. O erro de uma medição é sua diferença para o valor verdadeiro (que em geral não é acessível)” (2003, p.07, **parênteses do autor**). Assim, se nas aulas teóricas os alunos utilizam um valor da aceleração da gravidade aproximada, digamos $9,80 \text{ m/s}^2$, no laboratório precisam

utilizar um valor mais significativo, ou seja, um valor melhor tanto qualitativamente quanto quantitativamente, ou seja, utilizando métodos, procedimentos ou instrumentos mais confiáveis e que permitam maior precisão no resultado. Assim, no laboratório é repassado aos alunos a medida da aceleração da gravidade indicada no **Quadro 1**, obtida pelo método da geodésica. Dessa forma, se é preciso, por exemplo, medir o período de um pêndulo físico utilizando-se de um cronômetro manual, certamente obter-se-á melhor resultado se o método utilizado for o da realização de n medidas ininterruptas, dividindo o tempo total obtido pelo número n de oscilações completas do que o método de realizar n medidas individuais e encontrar a média aritmética simples dessas n medidas encontradas. Por quê?

As medidas ininterruptas carregam o erro sistemático causado pela imprecisão humana apenas no início da primeira oscilação e no final da última oscilação contada. Nas medidas individuais do período, cada uma delas carregaria esses mesmos erros. Ou, se é preciso, por exemplo, medir o comprimento de um palito de fósforo deve-se, dependendo da disponibilidade, utilizar um instrumento de medida mais preciso, no caso um paquímetro em vez de uma régua ou, um micrômetro em vez de um paquímetro se o objetivo for realizar a medida da espessura de uma folha de papel. A régua apresenta a precisão na casa dos milímetros, o paquímetro na casa dos décimos do milímetro e o micrômetro na casa dos milésimos do milímetro.

Então, ao se realizar medidas diretas de uma mesma grandeza física, com diferentes instrumentos, cada instrumento pode apresentar a sua medida, ou seja, variações no resultado de acordo com a sua precisão. Nesse caso, então, como definir qual a precisão de uma medida? De acordo com Lima (2010), Macedo (2008) e Tabacniks (2003), a precisão de uma medida será definida pelo número de algarismos significativos que essa medida apresentar.

A medida de uma grandeza física é sempre aproximada, por mais experiente que seja o operador e por mais preciso que seja o aparelho utilizado. Esta limitação reflete-se no número de algarismos que se pode utilizar para representar uma medida. O procedimento padrão é a utilização de algarismos que se tem certeza de estarem corretos, admitindo-se geralmente o uso de apenas um algarismo duvidoso. Esses algarismos são denominados de algarismos significativos e a sua quantidade estará diretamente relacionada à precisão da medida (LIMA, 2010, p.16).

Desse modo, se de uma mesma grandeza pode-se obter diferentes medidas, conseqüentemente, ao se realizar uma medida indireta de uma grandeza certamente se encontrará no resultado final um valor bastante incerto, já que essa é obtida a partir do cálculo envolvendo diferentes grandezas e essas podem ter sido obtidas de forma direta ou indireta. Então, como proceder com o resultado da grandeza obtida por meio de medida indireta? Como determinar a sua precisão?

MEDIDAS INDIRETAS

É possível se dizer que uma construção é de qualidade se os materiais, procedimentos, métodos utilizados para a sua construção não são de qualidade? Certamente que não. Logo, ao se encontrar numa calculadora o resultado de uma medida de uma grandeza pelo modo indireto e essa apresentar precisão na casa

do centésimo do milésimo, obtida por meio do cálculo envolvendo outras medidas, algumas mais, outras menos precisas, esse resultado encontrado na calculadora não pode ser considerado como verdadeiro.

Nesse sentido, comenta Macedo: “Quando um resultado contém algarismos significativos incorrectos procede-se ao seu arredondamento, retendo-se apenas algarismos significativos correctos (1992, p.03)”. Ou seja, se o resultado final de um cálculo apresentar uma falsa precisão ou maior número de algarismos significativos do que realmente tem, deve-se fazer o seu arredondamento de forma a buscar apresenta-lo com uma precisão mais verdadeira, por assim dizer. Em outras palavras, mas, no mesmo sentido das palavras de Macedo, Lima (2010, p.20) comenta: “Deve-se ficar claro que uma operação matemática não pode alterar a precisão de uma medida, uma vez que isso não alteraria a precisão do instrumento com o qual ela foi efetuada”. E, de forma mais específica, o mesmo autor afirma que:

No caso de soma ou subtração, o resultado deve ser apresentado somente com um algarismo duvidoso e o número de algarismos significativos vai depender do tamanho dos algarismos duvidosos de cada parcela da operação. [...] No caso de multiplicação e divisão, o resultado deve ser apresentado com um número de algarismo significativo igual ao da parcela que tiver o menor número de algarismos significativos (2010, p.19).

Dessa forma, determina-se que a precisão da medida indireta de uma grandeza será obtida a partir da precisão das medidas que lhe derem origem e será determinada pelo limite de precisão, dada pela medida menos precisa. Assim, limitado ao número de algarismos significativos da medida menos precisa, o resultado de uma medida indireta deverá ser arredondado no seu último dígito correspondente ao dígito da precisão da medida menos precisa. E, para esse arredondamento, adota-se o critério de “[...] arredondar o último dígito para “cima” caso o próximo dígito seja ≥ 5 , mantendo-o caso contrário” (TABACNIKS, 2003, p.04; **aspas internas na citação são do próprio autor**).

Mas, e se houvesse a necessidade de comparar as medidas direta e indireta de uma mesma grandeza e o limite de precisão de cada uma delas for diferente? Como proceder? Para definir um procedimento mais criterioso, recorre-se ao que diz Lima (2010, p.20):

Um resultado $4,3 \text{ cm} + 3,37 \text{ cm} = 7,67 \text{ cm}$ estaria incorreto do ponto de vista de algarismos significativos, uma vez que, isso relataria a utilização de instrumentos de precisão de milímetros quando, na verdade, um dos instrumentos tinha precisão apenas de centímetros. Deve-se ficar claro que uma operação matemática não pode alterar a precisão de uma medida, uma vez que isso não alteraria a precisão do instrumento com o qual ela foi efetuada.

Assim, define-se que em caso de comparação entre dois valores distintos de uma mesma grandeza, antes de tudo as medidas devem ter coerência quanto ao sistema de unidade de medidas em que suas respectivas medidas são descritas e, por fim, devem ter um ajuste ou arredondamento na precisão ou número de algarismos significativos, ficando as duas medidas com a mesma precisão, sendo essa definida pela medida menos precisa.

O QUE SE PROPÕE

Propõe-se, seguindo os critérios já expostos, que se realizem medidas do peso específico de um corpo de prova, **figura 1**, a partir de dois métodos distintos e que se realize o cálculo do percentual de erro comparativo entre os valores encontrados.

Figura 1 - corpo de prova



Fonte: autores.

Parte-se do entendimento de que o erro de uma medida nada mais é do que um desvio ou diferença em módulo obtida a partir da comparação entre essa medida e outra que se considere como referência, chamada por Tabacniks (2003) de valor verdadeiro.

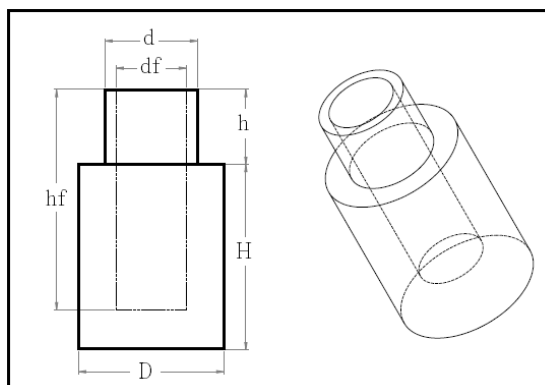
No caso, uma das medidas será a do peso específico (ρ_d) obtido a partir de medidas diretas do peso (P) e do volume (V) de um corpo de prova. E a outra medida será a do peso específico (ρ_i) obtido a partir de medidas indiretas de P e de V . E a medida de referência (ρ_r) será aquela que apresentar a maior precisão, ou seja, maior número de algarismos significativos.

Para a determinação do ρ_d , será medido o peso do corpo de prova utilizando-se de um dinamômetro e o seu volume utilizando-se de uma proveta graduada, assim, será calculado pela **equação (1)**.

$$\rho_d = \frac{P}{V} \quad (1)$$

Para a determinação do ρ_i , será medida a massa do corpo de prova e as suas dimensões: altura (H) e diâmetro (D) do cilindro externo base, altura (h) e diâmetro (d) do cilindro externo superior e profundidade (h_f) e diâmetro (d_f) do furo cilíndrico.

Figura 2- Dimensões da peça



Fonte: autoria própria.

Assim, o ρ_i será calculado pela **equação (2)** em que o peso indireto será determinado pelo produto entre a massa do corpo de prova e a aceleração da gravidade local, determinada pelo método da geodésica, $9,78718\text{m/s}^2$ (MACHADO, MACHADO e MACHADO, 2017) e o volume será a soma dos dois volumes dos cilindros externos subtraídos do volume do furo, também no formato cilíndrico.

$$\rho_i = \frac{m \cdot g}{\left[\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 \cdot H + d^2 \cdot h - d_f^2 \cdot h_f) \right]} \quad (2)$$

E o cálculo do percentual de erro comparativo será determinado pela **equação (3)**, na qual ρ_r será o valor do peso específico encontrado com maior precisão:

$$\%erro = \left(\frac{|\rho_r - \rho|}{\rho_r} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

AS MEDIDAS DAS DIMENSÕES E DA MASSA DO CORPO DE PROVA

As medidas encontradas nas medições dos diâmetros usando paquímetro (**figura 3**) foram: diâmetro do cilindro base (D) 38,30 mm; diâmetro do cilindro superior (d) 20,80 mm e diâmetro do furo cilíndrico (d_f) 15,80 mm.

Figura 3- Medição dos diâmetros



Fonte: autores

Os resultados das medições das alturas e profundidade do furo, usando paquímetro (**figura 4**) foram: altura do cilindro base (D) 42,80 mm; altura do cilindro superior (d) 17,50 mm e profundidade do furo cilíndrico (d_f) 46,90 mm.

Figura 4- Medição das alturas dos cilindros e profundidade do furo



Fonte: autores.

Ao realizar a medida da massa, utilizando balança eletrônica (**figura 5**), encontrou-se o valor 121,134 g.

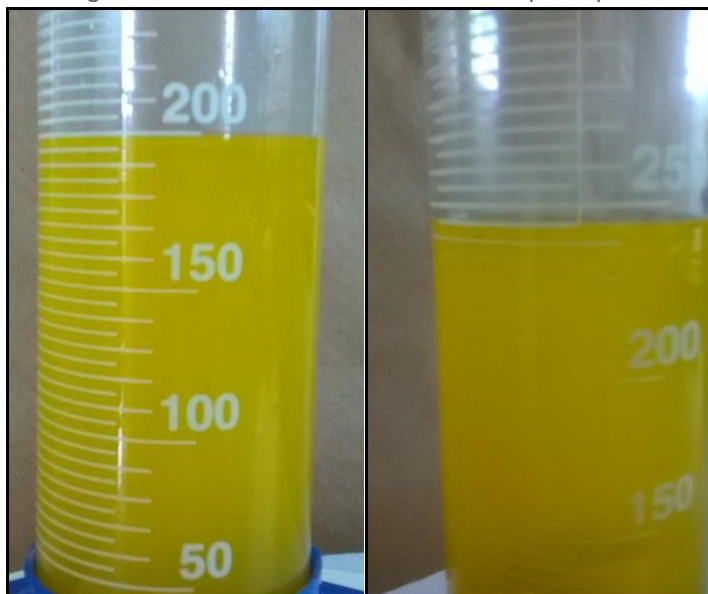
Figura 5 - Medição da massa



Fonte: autores.

Para realizar a medição direta do volume do corpo de prova utilizou-se de uma proveta graduada, partindo do princípio de Arquimedes, assim, colocando um colorante na água para facilitar a visualização da medida, mediu-se a variação da medida do volume da água após a inserção do corpo de prova no líquido e obteve-se a variação de aproximadamente 45 ml, conforme mostra **figura 6**:

Figura 6 – medida direta do volume do corpo de prova



Fonte: autores.

Obteve-se, utilizando um dinamômetro, a medida direta do peso do corpo de prova, obtendo-se o valor aproximado de 1,16 N, conforme mostra a **figura 7**:

Figura 7 – Medida direta do peso do corpo de prova



Fonte: autores.

TRATAMENTO DOS DADOS, APLICAÇÕES E RESULTADOS OBTIDOS

As medidas encontradas e seus respectivos valores, convertidos para o Sistema Internacional de Medidas (SI) são vistas no **Quadro 1** abaixo:

Quadro 1 – As grandezas e o resultado de suas medidas

-----	Medidas encontradas	Medidas no SI	Incerteza do instrumento
Peso (P)	1,16 N	1,16 N	± 0,05 N
Volume (V)	45,0 ml	0,0000450 m ³	± 0,50 ml
Massa (m)	121,134 g	0,121134 kg	± 0,002 g
Diâmetro (D)	38,30 mm	0,03830 m	± 0,05mm
Altura (H)	42,80 mm	0,04280 m	± 0,05mm
Diâmetro (d)	20,80 mm	0,02080 m	± 0,05mm
Altura (h)	17,50 mm	0,01750 m	± 0,05mm
Diâmetro (df)	15,90 mm	0,01590 m	± 0,05mm
Profundidade (hf)	42,80 mm	0,04280 m	± 0,05mm
Aceleração da gravidade $g = 9,78718 \text{ m/s}^2$			

Fonte: autores.

Os valores de P e V, aplicados à **equação (1)** e de m, D, H, d, h, df, hf e g, aplicados à **equação (2)**, resultaram nas medidas de $\rho_i = 25.355,37123 \text{ N/m}^3$ e de $\rho_d = 25.777,77778 \text{ N/m}^3$ que, de acordo com o limite de precisão de cada método e em notação científica, resultaram nas medidas mostradas o **Quadro 2**:

Quadro 2 - resultados dos cálculos

$\rho_i (x 10^4 \text{ N/m}^3)$	$\rho_d (x 10^4 \text{ N/m}^3)$
2,536	2,58

Fonte: autoria própria.

Por apresentar maior precisão, o valor encontrado em ρ_i será considerado como o valor de referência, assumindo a função de ρ_r na **equação (3)** e ρ_d será a outra medida. Entende-se, todavia, que, nos critérios do laboratório, não seria correta a comparação entre os dois valores encontrados do peso específico, da forma que são apresentados no **Quadro 2**, já que ρ_i tem em sua precisão maior número de algarismos significativos que ρ_d .

Dessa forma, para que a comparação possa ocorrer, as duas medidas devem ser apresentadas com o mesmo limite de precisão e, com esse ajuste, os valores de ρ_r e ρ podem ser aplicados na **equação (3)** para se obter o valor do percentual de erro comparativo, conforme mostra o **Quadro 3**.

Quadro 3 - ajuste nas medidas e resultado do erro

$\rho_r (x 10^4 \text{ N/m}^3)$	$\rho (x 10^4 \text{ N/m}^3)$	% erro
2,54	2,58	1,57

Fonte: autoria própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entende-se, a partir dos resultados encontrados, ser possível afirmar que os valores obtidos do peso específico nos dois métodos propostos são coerentes, já que, no limite de precisão e qualidade dos instrumentos utilizados, encontrou-se um percentual de erro na comparação entre eles abaixo de 2%. Contudo, vê-se ainda a possibilidade de comparar os resultados encontrados no laboratório com valor (es) tabelado(s), pesquisados em livros específicos.

Observa-se que, além das questões já expostas no percurso da atividade proposta, várias outras questões ou discussões podem/devem ser realizadas. Entre elas, a apresentação aos alunos de diferentes tipos de instrumentos e suas diferentes escalas de medida e os diferentes tipos de cuidados ou precauções que podem ser tomadas a fim de se evitar, na medida do possível, os erros no uso e leitura de instrumentos de medida. São diversos pontos a serem abordados: tipos de erros, diferença entre algarismos numéricos e algarismos significativos, cuidados para evitar o erro de paralaxe, a verificação da aferição de um instrumento antes de usá-lo para realizar uma medida, entre outros.

Enfim, observa-se o entendimento de que uma atividade de ensino no laboratório não deve buscar somente contribuir para o desenvolvimento do acadêmico em habilidades técnicas, no caso aprender a realizar medidas. Dessa forma, para que as atividades experimentais exerçam sua função estratégica de potencializar a aprendizagem em sentido mais amplo, é fundamental que essas sejam elaboradas/propostas de forma a trazer questionamentos aos alunos: Como fazer isso? Para quê fazer isso? Por que fazer dessa forma e não daquela outra? E, quando forem utilizadas como auxílio ao enunciado de um problema, devem contribuir para responder questões como: Os valores estão corretos? Por que se desconsiderou o efeito de determinada grandeza? Como se obteve aquele valor tabelado? Como comprovar tal afirmação?

Una actividad experimental sobre Medidas en el laboratorio didáctico de Física en cursos de Ingeniería

RESUMEN

Se presenta en este trabajo la propuesta de una actividad experimental sobre Medidas en laboratorio didáctico de Física a ser aplicada en clases de alumnos recién ingresados en cursos de Ingeniería. Se propone la determinación del peso específico del material de un cuerpo de prueba por medio de dos métodos diferentes: a partir de medidas directas del peso y del volumen (ρ_d) utilizando dinamómetro y vaso graduado ya partir de medidas indirectas del mismo, el peso y el volumen (ρ_i) utilizando el calibrador y la balanza electrónica. Se utilizó el valor de la aceleración de la gravedad del lugar predeterminado por el método de la geodésica. Por medio de la actividad propuesta se entiende que es posible llevar a los alumnos a conocer y aplicar criterios de cálculos en el laboratorio además de conocer y realizar mediciones con instrumentos de medida.

PALABRAS-CLAVE: Laboratório didáctico; Enseñanza de Física en Ingeniería; Medidas.

An Experimental Activity about Measures in the Didactic Laboratory of Physics in Engineering Courses

ABSTRACT

This paper presents the proposal of an experimental activity about Measures in a didactic laboratory of Physics to be applied in classes of freshmen students in Engineering courses. It is proposed the specific weight determination of the material of a test specimen by two different methods: from direct measurements of weight and volume (ρ_d) using a dynamometer and measuring cup and from indirect measures of the weight and volume (ρ_i) using a pachymeter and electronic balance. The acceleration value of the local gravity was predetermined by the geodetic method. Based on the proposed activity it is understood that it is possible to get students to know and apply calculation criteria in the laboratory besides knowing and performing measurements with measuring instruments.

KEY WORDS: Didactic laboratory; Teaching of Physics in Engineering; Measures.

REFERÊNCIAS

LIMA, C. R. A. **Teoria dos erros: medidas e gráficos**. UFJF. 2010.

MACEDO, F. W. **Análise de Erros**. Departamento de Matemática, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Doro, Portugal, 1992. Disponível em <http://home.utad.pt/wmacedo/publicacoes/Publicacoes.html>

MACHADO, V., MACHADO, V.O.O., MACHADO, P.L.O. Do conceito do Torque ao seu efeito: um ensaio no laboratório. **Revista Iluminart**. Ano IX, n. 14, junho, 2017.

TABACNIKS, M. H. **Conceitos básicos da Teoria dos Erros**. Insituto de Física da Universidade de São Paulo, 2003.

Recebido: 05 de maio de 2018.

Aprovado: 16 de junho de 2018.

Como citar: MACHADO, V.O.O., *et al.* Uma atividade experimental sobre Medidas no laboratório didático de Física em cursos de Engenharia. **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 5, n.1, p. 54-66, mai/jun. 2018.

Contato: vitorvoom@hotmail.com

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da [Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

