
MEDIÇÃO DE TEMPO DE REAÇÃO COMO FATOR DE MOTIVAÇÃO E DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO LABORATÓRIO DE FÍSICA

Jésus de Oliveira
Arjuna C. Panzera
Arthur Eugênio Q. Gomes
Ligia Tavares
Colégio Técnico da UFMG
Belo Horizonte – MG

Resumo

Este trabalho discute como a medição do tempo de reação pode se constituir em fator de motivação para introduzir noções relativas a medições e erros de medida.

I. Introdução

Planejamos uma série de atividades experimentais que visam levar os estudantes a interessarem-se e melhor compreenderem alguns conceitos básicos, relacionados com a medição. Estas atividades complementam o livro texto que utilizamos, (Amaldi, 1995). Constituem os primeiros contatos destes estudantes com o laboratório de Física.

O trabalho de laboratório é explorado como elemento de aprendizagem e fonte de motivação, uma vez que, esse tipo de exercício experimental dá sentido real e concreto às definições e conceitos apresentados em classe e no livro texto (1). Nas primeiras atividades, procuramos realçar a importância e significação das medidas diretas, de sua dispersão, dos valores representativos delas, e dos modelos de interpretação. Destacamos também a importância dos métodos de medição indireta, sem discutir as regras de propagação de erros em operações aritméticas, por estarem além dos objetivos do nosso curso.

A primeira atividade consiste em medir o intervalo de tempo, que decorre entre o instante que uma pessoa recebe um estímulo e o instante de sua resposta. A medição é efetuada por dois métodos: o primeiro empregando diretamente um cronômetro e o segundo por intermédio de uma régua milimetrada em queda livre.

Mostramos a conveniência de organizar-se os resultados numéricos em tabelas e de representar-se as medidas pela média aritmética, como parâmetro central característico da distribuição. A idéia de erro absoluto aproximado como a metade da amplitude da distribuição é introduzida, e são discutidas as noções de erro sistemático, erro acidental e erro relativo percentual. A forma de estimar o erro, por nós adotada, apesar de grosseira e pouco fidedigna, nos pareceu conveniente por ser fácil de manusear e de se compreender e, no nosso caso, ser a forma apresentada no livro texto (Amaldi 1995 -páginas 21, 22).

Finalmente relacionam-se os resultados com situações familiares aos estudantes, estabelecendo-se uma discussão a respeito da influência do tempo de reação nos esportes, na segurança do trânsito e na sobrevivência de animais. Este trabalho vem sendo realizado há dois anos no Colégio Técnico da UFMG, com cerca de 230 alunos da 1ª série do ensino médio. Os alunos recebem uma folha de instrução que denominamos de folha de atividade experimental que é apresentada a seguir.

II. Folha de atividade experimental

II.1 Introdução

As informações contidas nesta folha pretendem ajudar-lhe no trabalho de laboratório fornecendo-lhe algumas sugestões, mas deixando para você a tarefa de pensar e organizar seu trabalho. Esperamos que você venha a gostar desta atividade, porque ela poderá resolver algumas das questões que você formula a respeito do comportamento das coisas e fatos do seu dia-a-dia. A questão principal que você irá responder será: "Quanto tempo decorre entre o instante que recebemos um estímulo e a nossa resposta?"

Por causa deste tempo, um assistente do astrônomo, chefe do observatório de Greenwich (Inglaterra), perdeu seu emprego em 1796 (Bolton 1974). Suas observações diferiam de meio segundo das do chefe, que por isso o despediu. O astrônomo alemão Bessel, intrigado com este fato, observou e comparou suas anotações com as de outros astrônomos e verificou que existia uma diferença consistente e sistemática. Bessel atribuiu essa diferença à velocidade com que cada um reage em relação aos estímulos. Cinquenta anos depois, o físico e médico alemão Helmholtz mostrou que os impulsos nervosos se propagam nos nervos com velocidade finita e mensurável e não instantaneamente como se supunha. Inaugurou-se, assim, a era da "cronometria mental" e da psicologia experimental.

Leia a folha completamente antes de começar suas medições; assim você poderá planejar e organizar o seu trabalho, de modo a não perder tempo nem fazer

medidas inúteis. Você medirá o tempo de reação com um cronômetro e com uma régua milimetrada.

1ª Parte: Tempo de Reação - Sentir e Agir

Um grupo de alunos forma uma roda de mãos dadas. Um deles tem um cronômetro numa das mãos. Ele dispara o cronômetro e simultaneamente aperta a mão de seu companheiro do lado direito. Este, ao sentir o aperto na sua mão esquerda, aperta a mão do companheiro seguinte, e assim sucessivamente. Dessa forma o sinal percorre a roda e o aluno que está com o cronômetro mede o tempo que o sinal gasta no percurso. Repete-se 10 vezes e anota-se em uma tabela apropriada (nº do ensaio / tempo medido).

2ª Parte: Tempo de Reação -Ver e Agir

Formam-se grupos de dois alunos. Um dos alunos apóia a sua mão na borda da mesa, enquanto o outro segura uma régua na marca dos 30 cm acima da mão do primeiro. A escala da régua fica na vertical e seu zero entre o indicador e o polegar do aluno que está com a mão apoiada (veja Máximo e Alvarenga 1997 – página 56). O segundo solta a régua com o zero para baixo sem prévio aviso, e o primeiro procura segurá-la o mais rapidamente possível. Desta forma poderá ser medida a distância d que a régua cai, o que ocorre no intervalo de tempo correspondente ao tempo de reação do aluno. Usando a relação $t = \sqrt{2d / g}$, onde $g = 10 \text{ m/S}^2$ é a aceleração da gravidade e d a distância entre o zero da régua e o ponto em que o aluno a segurou (em metros), encontramos o valor do tempo de reação t (em segundos).

II.2 Tarefas e questões

1) Analise, critique e discuta os dois métodos sugeridos procurando determinar: a) o significado das medições; b) as causas de erros, isto é, se os instrumentos ou os operadores podem influenciar nos resultados, aumentando-os ou diminuindo-os.

2) Questões:

c) Qual é a ordem de grandeza, em km/h, que você espera determinar para a velocidade dos impulsos (10°, 101, 102 ou 103) ?

d) Você espera que os valores dos tempos de reação medidos pelos dois métodos sejam iguais ou diferentes? Escreva seu raciocínio.

e) Como você poderá reduzir os erros citados no item 1b ?

3) Planejamento: organize no seu caderno tabelas para anotar os resultados de medição, em pelo menos dez ensaios para cada parte da experiência (Bruhat 1955 -página 268).

II.3 Comentários sobre os resultados

Você poderá ter obtido, em cada um de seus ensaios, valores repetidos e diferentes para o tempo de reação. Normalmente observa-se valores maiores nos primeiros ensaios. Sugerimos substituir as medidas muito discrepantes (principalmente se forem as primeiras) e tomar a média aritmética como valor representativo das medidas restantes.

a) Você acha estas sugestões razoáveis ou não? Dê razões que justifi- quem sua opinião.

As discrepâncias são devidas aos erros acidentais (veja Amaldi 1995 - páginas 21 e 22). Uma maneira de representar as medidas consiste em considerar sua média aritmética como seu valor representativo.

Por razões de conveniência, (apresentadas na introdução da parte I), estima-se o erro absoluto pela fórmula:

$$\frac{(\text{maior valor} - \text{menor valor})}{2}$$

Há também um erro que pode ser causado pelos instrumentos, pelo método de medida ou pelo operador. Este erro é constante e sempre no mesmo sentido: é o erro sistemático, difícil de se achar, porém corrigível.

Os tempos de reação que você mediu não são exatamente os mesmos.

b) Em que eles diferem?

II.4 Questões para discussão geral

A -O tempo de reação para ver e agir com as mãos tem o mesmo valor que o tempo de ver e agir com os pés? Por que? Como verificar isto?

B -Supõe-se que um dinossauro, tinha, em média, um comprimento de 25 m da cabeça à ponta da cauda. Se a velocidade dos impulsos nervosos do dinossauro fosse igual a nossa, que tempo demoraria para ele sentir e reagir a uma mordida no rabo? Você considera este tempo razoável em termos de sobrevivência do dinossauro ? Que hipóteses podem ser formuladas sobre a viabilidade deste resultado?

C -Como é que este tempo influencia as situações de segurança no trânsito?

D -Determine que distância um carro percorre após o motorista observar que a ponte na sua frente caiu, considerando que ele estivesse primeiro a 60 km/h e segundo a 100 km/h e que, ao aplicar os freios, ele comunicou ao carro uma desaceleração aproximadamente de 5,0 m/s² (Use a equação $V^2 = V_0^2 + 2.a.d$).

E -Que dados relativos ao jogo de futebol você precisaria para mostrar, baseando-se no tempo de reação, que os goleiros defendem a cobrança de pênalti praticamente por acaso?

III. Resultados típicos

Apresentamos, a seguir, uma mostra dos resultados obtidos pelos nossos alunos.

III.1 Medição do tempo de reação entre sentir e agir com as mãos

A tabela a seguir se refere às medições do tempo t_r , realizadas numa roda de dez alunos.

Ensaio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
t_r (s)	3,99*	5,09*	2,57	2,24	2,64	2,01	2,03	2,36	3,17*	1,93	2,13	2,36	2,02

Os valores marcados com asterisco foram desprezados por diferirem muito dos outros e parecerem indicar efeito de treinamento ou erro grosseiro.

a) O tempo médio para percorrer a roda de 10 alunos foi de 2,229 s. O intervalo de incerteza associado a esta medida é $\Delta t = (2,64 - 1,93)/2 = 0,36 \approx 0,4$ s. O tempo médio do percurso da roda é então $\langle t_r \rangle = (2,2 \pm 0,4)$ s.

b) O tempo médio por pessoa será $\langle t_{rp} \rangle = \langle t_r \rangle / 10 = (0,22 \pm 0,04)$ s.

c) O erro relativo percentual é $(0,04/0,22) \times 100 = 18\%$.

d) A velocidade do impulso nervoso é estimada considerando que, em média, este percorre 2,2 m em cada pessoa (o comprimento dos dois braços mais o pescoço).

$$V = (2,2 \text{ m} / 0,22 \text{ s}) = 10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h}$$

III.2 Tempo medido com a régua

A tabela abaixo apresenta resultados típicos obtidos pelos alunos:

Ensaio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d (m)	0,42*	0,15	0,39	0,19	0,13	0,35*	0,12	0,17	0,22	0,21

Desprezamos os valores marcados com asterisco por diferirem muito dos outros, indicando erros grosseiros.

- a) O valor médio obtido para d foi de 0,17 m.
- b) O erro absoluto estimado para d foi de $\Delta d = (0,22 - 0,12) / 2 = 0,05$ m.
- c) A medida é representada, então, por $d = (0,17 \pm 0,05)$ m.
- d) O erro relativo percentual é de $(0,05 / 0,17) \times 100 = 29\%$.
- e) Levando o valor de d na equação $t = \sqrt{2d / g}$ obtém-se $t = 0,18$ s.
- t) Como o erro desta medida é de pelo menos $29\% \approx 30\%$, então o tempo de reação é dado por $t = (0,18 \pm 0,05)$ s.
- g) Como a distância que o sinal percorre, agora é da ordem de 1 m (o comprimento do braço), a velocidade do impulso por esse segundo método será:
 $v = 1,1 \text{ m} / 0,18 \text{ s} = 6,1 \text{ m/s} = 22 \text{ km/h}$.

IV. Comentários

Na discussão geral, os alunos freqüentemente consideraram a falta de treino do cronometrista como fonte principal dos erros, o que achamos razoável, pois as medidas obtidas nos primeiros ensaios são sempre muito discrepantes das outras, mostrando o efeito do treinamento do cronometrista.

A segunda causa apresentada é a dificuldade de determinar a distância de queda da régua, devido a grossura dos dedos que a seguram após a queda.

Em geral eles esperam que o tempo determinado pelo segundo método seja menor do que o determinado pelo primeiro, o que não está correto, poderia ser igualou maior, pois trata-se realmente de tempos de reação diferentes. O primeiro é o valor médio do grupo e o segundo, de um único indivíduo.

O mérito desta atividade não repousa nos valores das medidas, mas no grande entusiasmo que ela desperta nos alunos, e por introduzir de modo suave, rudimentos de um assunto árido por natureza, o tratamento de dados.

A discussão das questões gerais é muito animada e envolve a utilização do estudo de um movimento ainda não abordado no curso. O tratamento de dados, ou seja, a determinação do valor mais provável de uma distribuição de freqüência de medidas é feito com entusiasmo, e como uma necessidade para interpretar os resultados obtidos, num processo no qual o aluno se acha engajado, por envolver suas próprias características pessoais -o seu tempo de reação.

O grande interesse de se realizar este gênero de atividade experimental é que ela é envolvente, contagiante, desafiadora, e pode ser realizada com material

simples que os estudantes possuem. Pode ser também aplicada a turmas grandes, no corredor, no pátio do colégio e mesmo em casa.

Referências

AMALDI, U. Imagens da Física, Scipioni, S.Paulo, 1995.

BOLTON, W. Patterns in Physics. Mc Graw Hill, London, 1974.

BRUHAT, G. Cours de Physique Generale –Mecanique, Masson et Cie, Paris,1955.

MÁXIMO, A. e ALVARENGA, B. Física, Scipione, S.Paulo, 1997.